

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年1 月8 日 (08.01.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/003476 A1

(51) 国際特許分類: G01C 17/38

[JP/JP]; 〒530-8205 大阪府 大阪市 北区堂島浜 1 丁目
2 番 6 号 Osaka (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2003/008293

(22) 国際出願日: 2003 年6 月30 日 (30.06.2003)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願2002-192546 2002 年7 月1 日 (01.07.2002) JP
特願2003-35010 2003 年2 月13 日 (13.02.2003) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 旭化
成株式会社 (ASAHI KASEI KABUSHIKI KAISHA)

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 疋田 浩一
(HIKIDA, Koichi) [JP/JP]; 〒240-0111 神奈川県 三浦
郡 葉山町一色 2 5 1 2-5-5 1 2 Kanagawa (JP). 山
下 昌哉 (YAMASHITA, Masaya) [JP/JP]; 〒194-0044 東
京都 町田市 成瀬 1-7-1 0 Tokyo (JP).

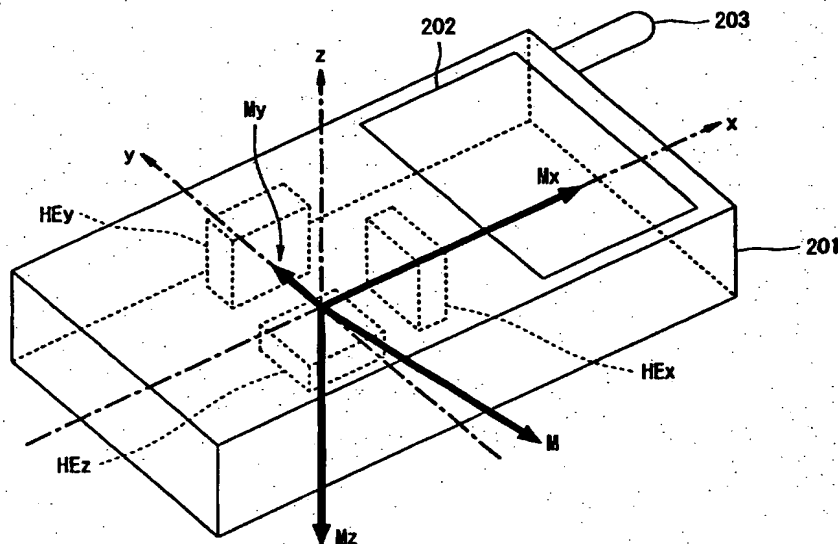
(74) 代理人: 森 哲也, 外(MORI, Tetsuya et al.); 〒101-0032
東京都 千代田区 岩本町二丁目 3 番 3 号 友泉岩本町
ビル 8 階 日栄国際特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB,
BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,

[続葉有]

(54) Title: AZIMUTH MEASURING DEVICE AND AZIMUTH MEASURING METHOD

(54) 発明の名称: 方位角計測装置および方位角計測方法



(57) Abstract: An azimuth measuring device capable of performing calibration of a magnetic sensor without applying load to a user. When a point having output amplification values S_x , S_y , S_z after sensitivity correction as an x, y, and z component is arranged on a xyz coordinate system, an offset information calculation section (8) calculates the center coordinates of such a sphere whose surface is located in the vicinity of each point. The x component of the center coordinate of this sphere is calculated as the current offset C_x of the x-axis hall element HE_x ; the y component of the center coordinate of this sphere is calculated as the current offset C_y of the y-axis hall element HE_y ; and the z component of the center coordinate of this sphere is calculated as the current offset C_z of the z-axis hall element HE_z . Thus, it is possible to perform calibration of the magnetic sensor without applying load to the user.

(57) 要約: 利用者に負担をかけることなく、磁気センサのキャリブレーションを行うことが可能な方位角計測装置を提供する。オフセット情報算出部8は、感度補

[続葉有]

BEST AVAILABLE COPY



ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),
OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW,
ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(84) 指定国(広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

正後の出力増幅値 S_x 、 S_y 、 S_z をそれぞれ x 、 y 、 z 成分とする点を $x y z$ 座標上に配置した時に、各点の近傍に球面が位置するような球の中心座標を求め、この球の中心座標の x 成分を x 軸ホール素子 $H E_x$ の現在のオフセット C_x 、この円の中心座標の y 成分を y 軸ホール素子 $H E_y$ の現在のオフセット C_y 、この円の中心座標の z 成分を z 軸ホール素子 $H E_z$ の現在のオフセット C_z として算出する。利用者に負担をかけることなく、磁気センサのキャリブレーションを行うことができる。

明 細 書

方位角計測装置および方位角計測方法

5 技術分野

本発明は、方位角計測装置および方位角計測方法に関し、特に、磁気センサのオフセットの補正に好適である。

背景技術

- 10 磁気センサを2方向または3方向に配置し、それぞれの方向について、磁気センサで地磁気を測定し、方位を計測する方位角計測装置が知られている。

このような方位角計測装置は、磁気センサの周辺にスピーカなどの着磁された部品が配置された場合、着磁された部品から漏れる磁場によって、磁気センサの出力にオフセットが発生する。

- 15 従って、上述の方位角計測装置では、磁気センサのオフセットによって、方位角の計算に誤差が生じることを防ぐために、磁気センサのオフセットを補正することを目的とした方位角計測装置のキャリブレーションを行うことが必要である。

このため、従来の方位角計測装置では、一例として、方位角計測装置を特定の軸回りに一定の角速度で回転させることにより、方位角計測装置のキャリブレーションを行っていた。

- 20 ションを行っていた。

図12は、方位角計測装置をz軸回りに一定の角速度で回転させた時の磁気センサの出力波形を示す図である。

図12において、携帯機器301をz軸回りに一定の角速度 ω で回転させた場合、携帯機器301に搭載されたx軸ホール素子HE_xの出力S_{r x}は、以下の

- 25 (1)式で与えられる。

$$S_{r x} = a_x M_H \cos(\omega t + \theta_0) + X_0 \quad \dots (1)$$

ただし、 a_x は、x軸ホール素子HE_xの感度、 X_0 は、x軸ホール素子HE_xのオフセットである。

また、

$$M_{xy} = \sqrt{(M_x^2 + M_y^2)}$$

$$\theta_0 = \tan^{-1}(M_y/M_x)$$

である。ただし、 M_x は、地磁気Mのx方向成分、 M_y は、地磁気Mのy方向成分

5 である。

従って、x軸ホール素子HE xの出力 S_{rx} の最大値 X_{max} および最小値 X_{min} は、以下の(2)、(3)式で表すことができる。

$$X_{max} = a_x M_{xy} + X_0 \quad \dots (2)$$

$$X_{min} = -a_x M_{xy} + X_0 \quad \dots (3)$$

10 この結果、(2)、(3)式から、x軸ホール素子HE xのオフセット X_0 は、以下の(4)式で求めることができる。

$$X_0 = (X_{max} + X_{min}) / 2 \quad \dots (4)$$

図13は、従来の方角計測方法を示すフローチャートである。

15 図13において、携帯機器301のキャリブレーション開始ボタンを押す(ステップS21)。

そして、x軸ホール素子HE xが搭載された携帯機器301を水平に保ったまま、ゆっくり等速度で携帯機器301を1回転させる(ステップS22)。

そして、携帯機器301を1回転させたら、携帯機器301のキャリブレーション終了ボタンを押す(ステップS23)。

20 ここで、携帯機器301を1回転させる間に、x軸ホール素子HE xの出力 S_{rx} の最大値 X_{max} および最小値 X_{min} を求め、これらの値を加算して2で割った値をx軸のオフセット X_0 とすることで、x軸のキャリブレーションを行うことができる。

25 しかしながら、従来の方角計測方法では、x軸ホール素子HE xの出力 S_{rx} の最大値 X_{max} および最小値 X_{min} を求めるため、携帯機器301を特定の平面上で1周以上回転させる必要があった。

この結果、携帯機器301の回転速度が速すぎると、最大値 X_{max} および小値 X_{min} を見落とすこととなり、逆に回転速度が遅すぎると、読み取りデータ数が膨大で、メモリがオーバーフローするなど、一定の速度範囲から外れた場合に、キャリ

ブレーション精度が劣化するという問題があった。

このため、利用者は、キャリブレーションが成功するまでに試行錯誤を繰り返
し、何度も携帯機器 301 を回転させるよう要求された。

そこで、本発明の目的は、利用者に負担をかけることなく、磁気センサのキャ
5 リブレーションを行うことが可能な方位角計測装置および方位角計測方法を提供
することである。

発明の開示

上記目的を達成するために、本発明に係る請求の範囲第 1 項記載の方位角計測
10 装置は、地磁気を検出する 2 軸または 3 軸の地磁気検出手段と、前記 2 軸の検出
方向が所定の平面上にあるよう保ちながら前記地磁気検出手段の向きが変化した
時の 2 軸の出力データ、または前記地磁気検出手段の向きが 3 次元空間において
変化した時の 3 軸の出力データを所定回数以上繰り返して取得する出力データ取
得手段と、前記 2 軸の出力データを成分とする 2 次元座標上、または前記 3 軸の
15 出力データを成分とする 3 次元座標上に基準点を定め、前記出力データ取得手段
によって得られた 2 軸または 3 軸の出力データ群から基準点までの距離のばらつ
きが最小になるように、基準点の座標を統計的手法によって推定する基準点推定
手段と、前記基準点の座標に基づいて、前記地磁気検出手段の出力データに対す
るオフセット情報を算出するオフセット情報算出手段とを備える。

20 これにより、計測装置の向きを所定面内で任意に変化させるか、3 次元的に任
意に変化させるだけで、検出手段の各軸出力に対するオフセット情報を算出する
ことができる。

ここで、オフセット情報を算出するためには、計測装置の向きが変化しさえす
ればよく、向きが変化する範囲は限定されていてもよい。例えば、2 軸の地磁気
25 検出手段を備える場合は、180 度未満や 90 度未満の範囲であってもよいし、
3 軸の地磁気検出手段を備える場合は、立体角で 2π 未満や π 未満の範囲であつ
てもよい。計測装置の向きが変化するとき位置が変化してもよい。

このため、計測装置を指定方向に向けたり、一定速度で回転させたりすること
なく、オフセットのキャリブレーションを行わせることが可能となり、利用者に

に対するオフセットのキャリブレーション作業の負担を軽減することができる。

また、温度変化等により、たとえオフセット値が大きく変化しても、利用者は再度意識してオフセットのキャリブレーションを行う必要がなく、通常どおり方位角計測を行う間に自動的にオフセットのキャリブレーションが行われるため、

5 利用者の負担を軽減することができる。

さらに、本発明に係る請求の範囲第2項記載の方位角計測装置は、請求の範囲第1項記載の方位角計測装置において、前記基準点推定手段は、前記基準点の座標を未知数とする連立1次方程式の係数および定数項を前記2軸または3軸の出力データ群から計算する係数および定数項計算手段と、前記係数および定数項を含む前記連立1次方程式の解を計算することによって前記基準点の座標を推定する連立一次方程式解析手段とを備える。

これにより、出力データ取得数を多くして、計算時間の増大を抑えつつ統計的手法によって精度よく基準点の推定を行うことができ、オフセットのキャリブレーション精度を高くすることができる。

15 さらに、本発明に係る請求の範囲第3項記載の方位角計測装置は、請求の範囲第1項記載の方位角計測装置において、前記地磁気検出手段は3軸の地磁気検出手段であり、前記基準点推定手段は、前記3軸の出力データ群のうち出力データの変化の度合いが最小の軸の出力データ群について前記変化の度合いが所定値以下であるときは、前記3軸の出力データ群から前記変化の度合いが最小の軸の出力データ群を除いた2軸の出力データ群について、当該2軸の出力データを成分とする2次元座標上に基準点を定め、当該2軸の出力データ群から前記基準点の座標を推定する。

25 本発明に係る方位角計測装置は、3軸の出力データを用いて、方位角計測装置を移動・回転等させることにより、地磁気検出手段の向きが3次元空間において変化した時の3軸の出力データを所定回数以上繰り返して取得する場合、地磁気検出手段の3軸のうちいずれかの軸（以下、この段落において特定軸という。）に垂直な面上でのみ方位角計測装置を移動・回転等させると、特定軸の出力データがほとんど変化しない。そのため、特定軸の出力データ群を含む3軸の出力データ群から基準点の座標を推定しても基準点の座標が正確に得られない場合があ

る。この場合、特定軸の出力データ群を除く 2 軸の出力データ群から基準点の座標を推定した方が正確な値が得られる。

これにより、地磁気検出手段の 3 軸のうちいずれかの軸に垂直な面上でのみ方位角計測装置を移動・回転等させた場合であっても、基準点の座標を比較的正確

5 に推定することができる。

さらに、本発明に係る請求の範囲第 4 項記載の方位角計測装置は、請求の範囲第 1 項記載の方位角計測装置において、前記基準点推定手段は、前記 2 軸または 3 軸の出力データ群から各軸の出力データ群における出力データの最大値と最小値との差分を算出する第 1 の差分算出手段と、前記第 1 の差分算出手段により算

10 出された差分が所定値以上かどうかを判断する第 1 の差分判断手段とを備え、前記第 1 の差分算出手段により算出された差分が所定値以上の場合、前記 2 軸または 3 軸の出力データ群を前記基準点推定の対象とする。

これにより、携帯機器の向きが静止していたり、僅かしか変化していなかった場合に、基準点の座標が大きな誤差を含んで算出されることを防止することができ

15 き、基準点の座標の算出精度を向上させて、オフセットのキャリブレーション精度を高く保つことができる。

さらに、本発明に係る請求の範囲第 5 項記載の方位角計測装置は、請求の範囲第 1 項記載の方位角計測装置において、前記オフセット情報算出手段は、前記基準点推定手段により算出された直近の所定数の基準点におけるばらつきを算出す

20 るばらつき算出手段を備え、前記ばらつき算出手段の算出結果に基づいて前記基準点推定手段により算出された基準点を破棄する。

これにより、地磁気検出出力にノイズ等で大きな誤差が含まれている場合や、特に 2 軸の地磁気検出手段の向きが所定の平面から外れて変化したような場合に、誤ったオフセット値を算出して不適切なオフセット補正が行われてしまうことを

25 防止することができる。

さらに、本発明に係る請求の範囲第 6 項記載の方位角計測装置は、請求の範囲第 5 項記載の方位角計測装置において、前記ばらつき算出手段は、前記基準点推定手段により算出された直近の 2 個の基準点の差分を算出する。

さらに、本発明に係る請求の範囲第 7 項記載の方位角計測装置は、請求の範囲

第1項記載の方位角計測装置において、前記基準点推定手段により算出された直近の所定数の基準点におけるばらつきを算出する第2のばらつき算出手段と、前記第2のばらつき算出手段での算出結果に基づいて前記オフセット情報の良好性に関する良好性情報を作成する良好性情報作成手段とをさらに備える。

- 5 このような構成であれば、第2のばらつき算出手段により、算出された直近の所定数の基準点におけるばらつきが算出され、良好性情報作成手段により、そのばらつきの算出結果に基づいて良好性情報が作成される。

これにより、ユーザは良好性情報を参照すれば、オフセット情報の良好性を把握することができる。

- 10 さらに、本発明に係る請求の範囲第8項記載の方位角計測装置は、請求の範囲第7項記載の方位角計測装置において、前記良好性情報作成手段は、前記オフセット情報の良好度を複数に区分しておき、前記第2のばらつき算出手段で算出したばらつきの度合いに応じて前記区分のいずれかに分類し、その区分に対応した良好度を表示する。

- 15 このような構成であれば、良好性情報作成手段により、算出されたばらつきの度合いに応じて区分のいずれかに分類され、その区分に対応した良好度を示す良好性情報が作成される。

これにより、区分ごとに対応した良好度（例えば、優、良、可のような良好度）を得ることができるので、オフセット情報の良好性がさらに把握しやすくなる。

- 20 さらに、本発明に係る請求の範囲第9項記載の方位角計測装置は、請求の範囲第1項記載の方位角計測装置において、前記オフセット情報算出手段は、前記出力データ群から前記基準点までの距離を算出する距離算出手段と、前記距離算出手段により算出された距離が所定範囲外かどうかを判断する距離判断手段とを備え、前記距離算出手段により算出された距離が所定範囲外の場合、その出力データ群を破棄する。

- 25 このような構成であれば、距離算出手段により、出力データ群から基準点までの距離が算出され、距離判断手段により、算出された距離が所定範囲外かどうか判断される。そして、算出された距離が所定範囲外の場合には、その出力データが破棄される。

これにより、静的な外部環境磁場が存在している場合や、地磁気がシールドされているような場合に、地磁気が正しく検出されていないにもかかわらず方位角計測が行われてしまうことを防止することができる。

さらに、本発明に係る請求の範囲第10項記載の方位角計測装置は、請求の範囲第1項記載の方位角計測装置において、前記出力データ群から前記基準点までの距離を算出する第2の距離算出手段と、前記第2の距離算出手段により算出された距離に基づいて方位角計測結果の信頼性に関する信頼性情報を作成する信頼性情報作成手段とをさらに備える。

このような構成であれば、第2の距離算出手段により、出力データ群から基準点までの距離が算出され、信頼性情報作成手段により、算出された距離に応じた信頼度合いを示す信頼性情報が作成される。

これにより、ユーザは信頼性情報を参照すれば、方位角計測結果の信頼性を把握することができる。

さらに、本発明に係る請求の範囲第11項記載の方位角計測装置は、請求の範囲第10項記載の方位角計測装置において、前記信頼性情報作成手段は、前記方位角計測結果の信頼度を複数に区分しておき、前記第2の距離算出手段により算出された距離を複数の閾値と比較して前記区分のいずれかに分類し、その区分に対応した信頼度を表示する。

このような構成であれば、信頼性情報作成手段により、算出された距離が複数の閾値と比較されて区分のいずれかに分類され、その区分に対応した信頼度を示す信頼性情報が作成される。

これにより、区分ごとに対応した信頼度（例えば、優、良、可のような信頼度）を得ることができるので、方位角計測結果の信頼性がさらに把握しやすくなる。

さらに、本発明に係る請求の範囲第12項記載の方位角計測装置は、請求の範囲第1項記載の方位角計測装置において、前記データ出力取得手段は、前記地磁気検出手段から出力された出力データと、前記出力データ取得手段によって直前に取得された所定数の出力データまたは前記地磁気検出手段から直前に出力された出力データとの差分を算出する第3の差分算出手段と、前記第3の差分算出手段により算出された差分が所定値より小さいかどうかを判断する第3の差分判断

手段とを備え、前記第3の差分算出手段によって算出された差分が所定値より小さい場合、前記出力データ取得手段は前記地磁気検出手段から出力された出力データを取得せず破棄する。

- 5 これにより、キャリブレーションを行っている間に携帯機器の向きがほとんど変化しない状態が継続しても、誤ったオフセット値を算出して不適当なオフセット補正が行われてしまうことを防止することができる。

- 一方、上記目的を達成するために、本発明に係る請求の範囲第13項記載の方位角計測方法は、地磁気計測における2軸の検出方向を所定の平面上にあるよう保ちながら変化させるか、または3軸の検出方向を3次元空間において変化させるステップと、前記検出方向が変化した時の地磁気計測の2軸または3軸の出力データを取得するステップと、前記出力データの取得が所定回数以上か判定するステップと、前記2軸の出力データを成分とする2次元座標上、または前記3軸の出力データを成分とする3次元座標上に基準点を定め、前記所定回数以上取得された2軸または3軸の出力データから成る出力データ群から基準点までの距離のばらつきが最小になるように、統計的手法によって基準点の座標を推定するステップと、前記推定された基準点の座標に基づいて、前記2軸または3軸の出力データに対するオフセット値を算出するステップとを含む。
- 10
15

- これにより、携帯機器の向きを所定面内で任意に変化させるか、3次元的に任意に変化させるだけで、地磁気の計測結果に対するオフセット値を算出することができ、オフセットのキャリブレーションを行わせることが可能となる。
- 20

このため、オフセットのキャリブレーションについて利用者が何ら意識することなく、オフセットのキャリブレーションを実現することが可能となり、オフセットのキャリブレーションを行う際の利用者の負担を軽減することができる。

- さらに、本発明に係る請求の範囲第14項記載の方位角計測方法は、請求の範囲第13項記載の方位角計測方法において、前記基準点の座標を推定するステップは、前記基準点の座標を未知数とする連立1次方程式の係数および定数項を、前記2軸または3軸の出力データ群から計算するステップと、前記係数および定数項を含む前記連立1次方程式の解を計算して前記基準点の座標を推定するステップとを含む。
- 25

さらに、本発明に係る請求の範囲第 1 5 項記載の方位角計測方法は、請求の範囲第 1 3 項記載の方位角計測方法において、前記検出方向を変化させるステップは、3 軸の検出方向を 3 次元空間において変化させるものであり、前記基準点の座標を推定するステップは、前記 3 軸の出力データ群の各軸の出力データ群について出力データの変化の度合いを計算して前記変化の度合いが最小となる軸と前記変化の度合いの最小値を得るステップと、前記変化の度合いの最小値が所定値以下かどうかを判定するステップと、前記変化の度合いの最小値が所定値以下である場合、前記 3 軸の出力データ群から前記変化の度合いが最小となる軸の出力データ群を除いた 2 軸の出力データ群について、当該 2 軸の出力データを成分とする 2 次元座標上に基準点を定め、当該 2 軸の出力データ群から前記基準点の座標を推定するステップとを含む。

さらに、本発明に係る請求の範囲第 1 6 項記載の方位角計測方法は、請求の範囲第 1 3 項記載の方位角計測方法において、前記基準点の座標を推定するステップは、前記出力データ群の各軸の出力データ群について出力データの最大値と最小値との差分を算出するステップと、前記最大値と最小値との差分が所定値以上かどうかを判断するステップと、前記最大値と最小値との差分が所定値以上の場合、前記基準点の座標を推定するステップとを含む。

さらに、本発明に係る請求の範囲第 1 7 項記載の方位角計測方法は、請求の範囲第 1 3 項記載の方位角計測方法において、前記 2 軸または 3 軸の出力データに対するオフセット値を算出するステップは、前記基準点の座標を推定するステップにより算出された直近の所定数の基準点におけるばらつきを算出するステップと、前記ばらつきの算出結果に基づいて、前記基準点の座標を推定するステップにより算出された基準点を破棄するステップとを含む。

さらに、本発明に係る請求の範囲第 1 8 項記載の方位角計測方法は、請求の範囲第 1 3 項記載の方位角計測方法において、前記推定された直近の所定数の基準点の座標におけるばらつきを算出するステップと、前記ばらつきの算出結果に基づいて、前記オフセット値を算出するステップにおいて算出されたオフセット値の良好性に関する良好性情報を作成するステップとをさらに含む。

さらに、本発明に係る請求の範囲第 1 9 項記載の方位角計測方法は、請求の範

図第 13 項記載の方位角計測方法において、前記 2 軸または 3 軸の出力データに
対するオフセット値を算出するステップは、前記出力データ群から前記基準点ま
での距離を算出するステップと、前記出力データ群から前記基準点までの距離が
所定範囲外かどうかを判断するステップと、前記出力データ群から前記基準点ま
5 での距離が所定範囲外の場合、その出力データ群を破棄するステップとを含む。

さらに、本発明に係る請求の範囲第 20 項記載の方位角計測方法は、請求の範
囲第 13 項記載の方位角計測方法において、前記出力データ群から前記基準点ま
での距離を算出するステップと、前記距離の算出結果に基づいて、方位角計測結
果の信頼性に関する信頼性情報を作成するステップとをさらに含む。

10

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の実施形態に係る携帯機器の概観構成を透視して示す斜視図で
ある。図 2 は、本発明の実施形態に係る方位角計測装置の概略構成を示すブロッ
ク図である。図 3 は、本発明の実施形態に係るオフセット値の方位角計測方法の
15 概念を説明する図である。図 4 は、本発明の実施形態に係るオフセット値の方位
角計測方法を示すフローチャートである。図 5 は、2 軸の実施形態に係る携帯機
器の概観構成を透視して示す斜視図である。図 6 は、2 軸の実施形態に係る方位
角計測装置の概略構成を示すブロック図である。

図 7 は、2 軸の実施形態に係るオフセット値の方位角計測方法の概念を説明す
20 る図である。図 8 は、2 軸の実施形態に係るオフセット値の方位角計測方法を
示すフローチャートである。図 9 は、携帯機器の向きが適切に変化している間に
取得された S_x , S_y , S_z データの時間軸上の変化を示すグラフである。図 10
は、携帯機器の向きがほとんど変化しない場合に取得された S_x , S_y , S_z デ
ータの時間軸上の変化を示すグラフである。図 11 は、 S_x , S_y , S_z データ
25 取得中に携帯機器の向きが短い時間の間だけ変化した場合における S_x , S_y ,
 S_z データの時間軸上の変化を示すグラフである。

図 12 は、方位角計測装置を z 軸回りに一定の角速度で回転させた時の磁気セ
ンサの出力波形を示す図である。図 13 は、従来の方位角計測装置の方位角計測
方法を示すフローチャートである。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の実施形態に係る方位角計測装置および方位角計測方法について、図面を参照しながら説明する。

- 5 図1は、本発明の実施形態に係る携帯機器の概観構成を透視して示す斜視図である。

図1において、携帯機器201には、表示部202およびアンテナ203が設けられるとともに、地磁気を3軸についてそれぞれ計測して、方位角を求めるための方位角計測装置が内蔵されている。

- 10 ここで、方位角計測装置には、地磁気Mのx方向成分 M_x を計測するx軸ホール素子 HE_x 、地磁気Mのy方向成分 M_y を計測するy軸ホール素子 HE_y および地磁気Mのz方向成分 M_z を計測するz軸ホール素子 HE_z が設けられ、x軸ホール素子 HE_x 、y軸ホール素子 HE_y およびz軸ホール素子 HE_z は、各感磁面が各軸に対して垂直になるように配置されている。

- 15 図2は、本発明の実施形態に係る方位角計測装置の概略構成を示すブロック図である。

- 図2において、方位角計測装置には、3軸磁気センサ11、磁気センサ駆動電源部12、チョッパ部13、差動入力アンプ14、A/D変換部15、補正計算部16、方位角計算部17、オフセット情報算出部18、オフセット情報記憶部19aおよび感度補正情報記憶部19bが設けられ、3軸磁気センサ11には、
20 x軸ホール素子 HE_x 、y軸ホール素子 HE_y およびz軸ホール素子 HE_z が設けられている。

- なお、x軸ホール素子 HE_x 、y軸ホール素子 HE_y およびz軸ホール素子 HE_z は地磁気を検出するためのもので、例えば、 $InSb$ や $InAs$ 、 $GaAs$ などの化合物半導体系あるいは Si モノリシック系であることが好ましい。
25

チョッパ部13はx軸ホール素子 HE_x 、y軸ホール素子 HE_y およびz軸ホール素子 HE_z をそれぞれ駆動する端子を切り換えるためのもので、磁気センサ駆動電源部12から出力された駆動電圧を、x軸ホール素子 HE_x 、y軸ホール素子 HE_y およびz軸ホール素子 HE_z にそれぞれ印加し、x軸ホール素子 HE

x、y 軸ホール素子HE y および z 軸ホール素子HE z から出力された信号を時分割的に差動入力アンプ14に出力する。

ここで、チョツパ部13は、例えば、90° チョツパ駆動や360° チョツパ駆動などを用いることができる。なお、90° チョツパ駆動では、x 軸ホール素子HE x、y 軸ホール素子HE y および z 軸ホール素子HE z を駆動する際に、
5 x 軸ホール素子HE x、y 軸ホール素子HE y および z 軸ホール素子HE z の出力に含まれるホール素子自身のオフセット項を大部分キャンセルすることができる。

また、360° チョツパ駆動では、x 軸ホール素子HE x、y 軸ホール素子HE y および z 軸ホール素子HE z の出力に含まれるホール素子自身のオフセット項だけでなく、後段の差動入力アンプ14自身による電氣的なオフセット項も容易にキャンセルすることができる。

そして、x 軸ホール素子HE x、y 軸ホール素子HE y および z 軸ホール素子HE z から出力された信号は、差動入力アンプ14でそれぞれ増幅され、ここで
15 増幅された出力増幅値がA/D変換部15でデジタル信号に変換された後、補正計算部16に入力される。

ここで、x 軸ホール素子HE x の出力増幅値S r x は、以下の(5)式で表すことができ、y 軸ホール素子HE y の出力増幅値S r y は、以下の(6)式で表すことができ、z 軸ホール素子HE z の出力増幅値S r z は、以下の(7)式で
20 表すことができる。

$$S_{rx} = a_x \cdot M_x + C_{rx} \quad \dots (5)$$

$$S_{ry} = a_y \cdot M_y + C_{ry} \quad \dots (6)$$

$$S_{rz} = a_z \cdot M_z + C_{rz} \quad \dots (7)$$

ただし、 a_x は、x 軸ホール素子HE x の感度、 C_{rx} は、x 軸ホール素子HE x のオフセット、 a_y は、y 軸ホール素子HE y の感度、 C_{ry} は、y 軸ホール素子HE y のオフセット、 a_z は、z 軸ホール素子HE z の感度、 C_{rz} は、z 軸ホール素子HE z のオフセット、 M_x は、地磁気Mのx方向成分、 M_y は、地磁気Mのy方向成分、 M_z は、地磁気Mのz方向成分である。

そして、オフセット情報記憶部19aには、x 軸ホール素子HE x、y 軸ホー

ル素子HE_yおよびz軸ホール素子HE_zのオフセットがそれぞれ記憶されるとともに、感度補正情報記憶部19bには、x軸ホール素子HE_x、y軸ホール素子HE_yおよびz軸ホール素子HE_zの感度のばらつきを補正するための感度補正情報がそれぞれ記憶される。

5 方位角計測実行中は、補正計算部16は、これらのオフセット情報および感度補正情報を用いることにより、x軸ホール素子HE_x、y軸ホール素子HE_yおよびz軸ホール素子HE_zの出力増幅値S_{rx}、S_{ry}、S_{rz}をそれぞれ補正し、地磁気Mのx、y、z軸成分M_x、M_y、M_zだけを取り出し、方位角計算部17に出力する。

10 そして、方位角計算部17は、地磁気Mのx、y、z軸成分M_x、M_y、M_zの符号と、 $\theta = \tan^{-1}(M_y/M_x)$ の式に基づいて、方位角 θ を算出する。

オフセットキャリブレーション実行中は、x軸ホール素子HE_x、y軸ホール素子HE_yおよびz軸ホール素子HE_zの各出力増幅値S_{rx}、S_{ry}、S_{rz}は、オフセット情報算出部18に出力される。

15 そして、オフセット情報算出部18は、携帯機器201の向きが3次元空間において任意に変化している時に、x軸ホール素子HE_x、y軸ホール素子HE_yおよびz軸ホール素子HE_zの各出力増幅値S_{rx}、S_{ry}、S_{rz}を所定回数以上取得し、感度補正情報記憶部19bに記憶されている感度補正情報に基づいて感度補正を行う。

20 ここで、感度補正後のx軸ホール素子HE_xの出力増幅値S_x、y軸ホール素子HE_yの出力増幅値S_yおよびz軸ホール素子HE_zの出力増幅値S_zは、以下の(8)、(9)、(10)式で表すことができる。

$$S_x = a_0 / a_x \cdot S_{rx} = a_0 \cdot M_x + C_x \quad \dots (8)$$

$$S_y = a_0 / a_y \cdot S_{ry} = a_0 \cdot M_y + C_y \quad \dots (9)$$

$$25 \quad S_z = a_0 / a_z \cdot S_{rz} = a_0 \cdot M_z + C_z \quad \dots (10)$$

ただし、 a_0 / a_x は、x軸ホール素子HE_xの感度補正係数、 a_0 / a_y は、y軸ホール素子HE_yの感度補正係数、 a_0 / a_z は、z軸ホール素子HE_zの感度補正係数、 a_0 は、x軸ホール素子HE_x、y軸ホール素子HE_yおよびz軸ホール素子HE_zの感度補正後の感度である。

また、 C_x は、 x 軸ホール素子 HE_x の感度補正後のオフセット、 C_y は、 y 軸ホール素子 HE_y の感度補正後のオフセット、 C_z は、 z 軸ホール素子 HE_z の感度補正後のオフセットであり、

$$C_x = a_0 / a_x \cdot C_{rx}$$

5 $C_y = a_0 / a_y \cdot C_{ry}$

$$C_z = a_0 / a_z \cdot C_{rz}$$

である。

そして、オフセット情報算出部18は、出力増幅値 S_x 、 S_y 、 S_z をそれぞれ x 、 y 、 z 成分とする点として xyz 座標上に配置した時に、各点からの距離
10 になるべく等しくなるような基準点の座標を推定する。

そして、この基準点の座標の x 成分を x 軸ホール素子 HE_x の現在のオフセット C_x 、この球の中心座標の y 成分を y 軸ホール素子 HE_y の現在のオフセット C_y 、この球の中心座標の z 成分を z 軸ホール素子 HE_z の現在のオフセット C_z として、オフセット情報記憶部19aに記憶する。

15 なお、 x 軸ホール素子 HE_x 、 y 軸ホール素子 HE_y および z 軸ホール素子 HE_z の感度補正情報の記憶は、携帯機器201の使用中に x 軸ホール素子 HE_x 、 y 軸ホール素子 HE_y および z 軸ホール素子 HE_z の感度はほとんど変化しないので、例えば、携帯機器201の製造時における1度だけの実施で済ませるようにしてもよい。

20 図3は、本発明の実施形態に係るオフセット値の方位角計測方法の概念を説明する図である。

図3において、携帯機器201の向きを3次元空間において任意に変化させ、その間に x 軸ホール素子 HE_x の出力増幅値 S_x 、 y 軸ホール素子 HE_y の出力増幅値 S_y および z 軸ホール素子 HE_z の出力増幅値 S_z を繰り返し取得する。

25 そして、図3に示すように、 S_x 、 S_y 、 S_z をそれぞれ x 、 y 、 z 軸方向成分とする xyz 空間において、繰り返し取得された S_x 、 S_y 、 S_z データをそれぞれ P_1 (S_{1x} 、 S_{1y} 、 S_{1z})、 P_2 (S_{2x} 、 S_{2y} 、 S_{2z})、 P_3 (S_{3x} 、 S_{3y} 、 S_{3z})、...として配置する。

ここで、上式(8)、(9)、(10)を変形すると、

$$\frac{S_x - C_x}{a_0} = M_x \quad (11)$$

$$\frac{S_y - C_y}{a_0} = M_y \quad (12)$$

$$\frac{S_z - C_z}{a_0} = M_z \quad (13)$$

一方、 M_x 、 M_y 、 M_z と地磁気 M の関係は、

$$M = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2} \quad (14)$$

であり、地磁気 M は、携帯機器201の場所が大きく変わらない限り一定と見なすことができる。

そこで、

$$r = a_0 \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2} \quad (15)$$

5 と置けば、次式が成り立つ。

$$(S_x - C_x)^2 + (S_y - C_y)^2 + (S_z - C_z)^2 = r^2 \quad (16)$$

すなわち、 $x y z$ 空間において、 $P_1 (S_{1x}, S_{1y}, S_{1z})$ 、 $P_2 (S_{2x}, S_{2y}, S_{2z})$ 、 $P_3 (S_{3x}, S_{3y}, S_{3z})$ 、…はいずれも HE_x 、 HE_y 、 HE_z のオフセット C_x 、 C_y 、 C_z を x 、 y 、 z 軸座標値とする基準点 C_1 から一定の距離 r を置いて位置することになる。

10 したがって、 $P_1 (S_{1x}, S_{1y}, S_{1z})$ 、 $P_2 (S_{2x}, S_{2y}, S_{2z})$ 、 $P_3 (S_{3x}, S_{3y}, S_{3z})$ 、…から基準点 C_1 を推定することにより、 C_1 の x 、 y 、 z 軸座標値をもって HE_x 、 HE_y 、 HE_z のオフセット C_x 、 C_y 、 C_z を得ることができる。

15 C_1 の推定には種々の計算方法があり、また最低4回のデータ取得で推定が可能である。しかし、実際に取得される S_x 、 S_y 、 S_z データは0.01mTのオーダーの非常に微弱な地磁気の測定データであり相当のノイズが重畳している

ので、データ取得数を5以上、できれば10以上にして統計的手法を用いて計算するのが望ましい。そこで、以下に説明する計算方法を用いることで計算時間の増大を抑えつつ、統計的手法を用いて精度良くC1の推定を行うことができる。

- 5 S_x 、 S_y 、 S_z をそれぞれx、y、z軸方向成分とするxyz空間において、
i番目に取得された S_x 、 S_y 、 S_z データ $P_i(S_{ix}, S_{iy}, S_{iz})$ から
C1までの距離 d_i は次の通りとなる。

$$d_i = \sqrt{(S_{ix} - C_x)^2 + (S_{iy} - C_y)^2 + (S_{iz} - C_z)^2} \quad (17)$$

- 上式(17)と上式(16)を比較することにより、もし取得された S_x 、 S_y 、 S_z データにノイズが重畳しておらず、かつC1の推定が理想的に行われた場合、 d_i は r に一致するはずである。しかし、実際には両者は等しくならないので、
10 次式に示すように、 d_i の2乗値と r の2乗値の差をもって、 $P_i(S_{ix}, S_{iy}, S_{iz})$ におけるC1推定誤差 ϵ_i を定義する。

$$\begin{aligned} \epsilon_i &= d_i^2 - r^2 \\ &= (S_{ix} - C_x)^2 + (S_{iy} - C_y)^2 + (S_{iz} - C_z)^2 - r^2 \end{aligned} \quad (18)$$

さらに、 ϵ_i の2乗総和値として次式で表される S を定義する。

$$\begin{aligned} S &= \sum \epsilon_i^2 \\ &= \sum \{(S_{ix} - C_x)^2 + (S_{iy} - C_y)^2 + (S_{iz} - C_z)^2 - r^2\}^2 \end{aligned} \quad (19)$$

この2乗総和 S が最小となるような C_x 、 C_y 、 C_z を求めるのが推定方法として妥当である。

- 15 S が最小になる時、 S の C_x 、 C_y 、 C_z および r による導関数はいずれも零になると考えられる。そこで、それぞれの導関数を導出すると次の通りとなる。

$$\frac{\partial S}{\partial C_x} = -4 \sum \{(S_{ix} - C_x)^2 + (S_{iy} - C_y)^2 + (S_{iz} - C_z)^2 - r^2\} (S_{ix} - C_x) \quad (20)$$

$$\frac{\partial S}{\partial C_y} = -4 \sum \{(S_{ix} - C_x)^2 + (S_{iy} - C_y)^2 + (S_{iz} - C_z)^2 - r^2\} (S_{iy} - C_y) \quad (21)$$

$$\frac{\partial S}{\partial C_z} = -4 \sum \{(S_{ix} - C_x)^2 + (S_{iy} - C_y)^2 + (S_{iz} - C_z)^2 - r^2\} (S_{iz} - C_z) \quad (22)$$

$$\frac{\partial S}{\partial r} = -4 \sum \{ (S_{i_x} - C_x)^2 + (S_{i_y} - C_y)^2 + (S_{i_z} - C_z)^2 - r^2 \} \quad (23)$$

これらの導関数がいずれも零になるとおいて、以下の式を得る。

$$\sum \{ (S_{i_x} - C_x)^2 + (S_{i_y} - C_y)^2 + (S_{i_z} - C_z)^2 - r^2 \} (S_{i_x} - C_x) = 0 \quad (24)$$

$$\sum \{ (S_{i_x} - C_x)^2 + (S_{i_y} - C_y)^2 + (S_{i_z} - C_z)^2 - r^2 \} (S_{i_y} - C_y) = 0 \quad (25)$$

$$\sum \{ (S_{i_x} - C_x)^2 + (S_{i_y} - C_y)^2 + (S_{i_z} - C_z)^2 - r^2 \} (S_{i_z} - C_z) = 0 \quad (26)$$

$$\sum \{ (S_{i_x} - C_x)^2 + (S_{i_y} - C_y)^2 + (S_{i_z} - C_z)^2 \} - Nr^2 = 0 \quad (27)$$

ただし、N：データ取得数

上式 (27) を r^2 について解くと次の通りとなる。

$$r^2 = \frac{1}{N} \sum \{ (S_{i_x} - C_x)^2 + (S_{i_y} - C_y)^2 + (S_{i_z} - C_z)^2 \} \quad (28)$$

5 上式 (28) を上式 (24)、(25)、(26) に代入し、整理することにより以下の式が得られる。

$$\begin{aligned} C_x \sum S_{i_x} (S_{i_x} - \overline{S_x}) + C_y \sum S_{i_y} (S_{i_x} - \overline{S_x}) + C_z \sum S_{i_z} (S_{i_x} - \overline{S_x}) \\ = \frac{1}{2} \sum (S_{i_x}^2 + S_{i_y}^2 + S_{i_z}^2) (S_{i_x} - \overline{S_x}) \end{aligned} \quad (29)$$

$$\begin{aligned} C_x \sum S_{i_x} (S_{i_y} - \overline{S_y}) + C_y \sum S_{i_y} (S_{i_y} - \overline{S_y}) + C_z \sum S_{i_z} (S_{i_y} - \overline{S_y}) \\ = \frac{1}{2} \sum (S_{i_x}^2 + S_{i_y}^2 + S_{i_z}^2) (S_{i_y} - \overline{S_y}) \end{aligned} \quad (30)$$

$$\begin{aligned} C_x \sum S_{i_x} (S_{i_z} - \overline{S_z}) + C_y \sum S_{i_y} (S_{i_z} - \overline{S_z}) + C_z \sum S_{i_z} (S_{i_z} - \overline{S_z}) \\ = \frac{1}{2} \sum (S_{i_x}^2 + S_{i_y}^2 + S_{i_z}^2) (S_{i_z} - \overline{S_z}) \end{aligned} \quad (31)$$

ただし、

$$\overline{S_x} = \frac{1}{N} \sum S_{i_x} \quad (32)$$

$$\overline{S}_y = \frac{1}{N} \sum S_{iy} \quad (33)$$

$$\overline{S}_z = \frac{1}{N} \sum S_{iz} \quad (34)$$

上式 (29) 、 (30) 、 (31) を行列の形で表すと次の通りとなる。

$$\begin{bmatrix} \sum S_{ix} (S_{ix} - \overline{S}_x) & \sum S_{iy} (S_{ix} - \overline{S}_x) & \sum S_{iz} (S_{ix} - \overline{S}_x) \\ \sum S_{ix} (S_{iy} - \overline{S}_y) & \sum S_{iy} (S_{iy} - \overline{S}_y) & \sum S_{iz} (S_{iy} - \overline{S}_y) \\ \sum S_{ix} (S_{iz} - \overline{S}_z) & \sum S_{iy} (S_{iz} - \overline{S}_z) & \sum S_{iz} (S_{iz} - \overline{S}_z) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_x \\ C_y \\ C_z \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \sum (S_{ix}^2 + S_{iy}^2 + S_{iz}^2) (S_{ix} - \overline{S}_x) \\ \sum (S_{ix}^2 + S_{iy}^2 + S_{iz}^2) (S_{iy} - \overline{S}_y) \\ \sum (S_{ix}^2 + S_{iy}^2 + S_{iz}^2) (S_{iz} - \overline{S}_z) \end{bmatrix} \quad (35)$$

上式 (35) は、 C_x 、 C_y 、 C_z に関する連立一次方程式であり、UL分解等のよく知られた連立一次方程式の解法を用いて解を計算することができる。したがって、 S が最小になる時の C_x 、 C_y 、 C_z を、計算時間の増大を抑えつつ計算することが可能である。

なお、上式 (35) からは以下の方程式も導出されるので、解の計算に都合の良い式を選べばよい。

$$\begin{bmatrix} \sum S_{ix} (S_{ix} - \overline{S}_x) & \sum S_{iy} (S_{ix} - \overline{S}_x) & \sum S_{iz} (S_{ix} - \overline{S}_x) \\ \sum S_{iy} (S_{ix} - \overline{S}_x) & \sum S_{iy} (S_{iy} - \overline{S}_y) & \sum S_{iz} (S_{iy} - \overline{S}_y) \\ \sum S_{iz} (S_{ix} - \overline{S}_x) & \sum S_{iz} (S_{iy} - \overline{S}_y) & \sum S_{iz} (S_{iz} - \overline{S}_z) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_x \\ C_y \\ C_z \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \sum (S_{ix}^2 + S_{iy}^2 + S_{iz}^2) (S_{ix} - \overline{S}_x) \\ \sum (S_{ix}^2 + S_{iy}^2 + S_{iz}^2) (S_{iy} - \overline{S}_y) \\ \sum (S_{ix}^2 + S_{iy}^2 + S_{iz}^2) (S_{iz} - \overline{S}_z) \end{bmatrix} \quad (36)$$

$$\begin{bmatrix} \sum S_{ix}^2 - N\overline{S}_x^2 & \sum S_{ix}S_{iy} - N\overline{S}_x\overline{S}_y & \sum S_{ix}S_{iz} - N\overline{S}_x\overline{S}_z \\ \sum S_{ix}S_{iy} - N\overline{S}_x\overline{S}_y & \sum S_{iy}^2 - N\overline{S}_y^2 & \sum S_{iy}S_{iz} - N\overline{S}_y\overline{S}_z \\ \sum S_{ix}S_{iz} - N\overline{S}_x\overline{S}_z & \sum S_{iy}S_{iz} - N\overline{S}_y\overline{S}_z & \sum S_{iz}^2 - N\overline{S}_z^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_x \\ C_y \\ C_z \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} \sum (S_{ix}^2 + S_{iy}^2 + S_{iz}^2) (S_{ix} - \overline{S}_x) \\ \sum (S_{ix}^2 + S_{iy}^2 + S_{iz}^2) (S_{iy} - \overline{S}_y) \\ \sum (S_{ix}^2 + S_{iy}^2 + S_{iz}^2) (S_{iz} - \overline{S}_z) \end{bmatrix} \quad (37)$$

また、以上説明した計算方法を用いて、データ取得数を多くして基準点C1の推定計算を行うのであれば、図3において繰り返し取得された S_x 、 S_y 、 S_z データ $P_1(S_{1x}, S_{1y}, S_{1z})$ 、 $P_2(S_{2x}, S_{2y}, S_{2z})$ 、 $P_3(S_{3x}, S_{3y}, S_{3z})$ 、…はC1から見て必ずしも全方向に分布している必要はなく、例えば、立体角でいえば 2π または π 程度の範囲に限定されていてもよい。すなわち、C1から見た $P_1(S_{1x}, S_{1y}, S_{1z})$ 、 $P_2(S_{2x}, S_{2y}, S_{2z})$ 、 $P_3(S_{3x}, S_{3y}, S_{3z})$ 、…への方向は、それぞれデータを取得した時の携帯機器201の向きに相当するので、オフセット値のキャリブレーションを行う際に携帯機器201の向きをあらゆる方向に満遍なく向ける必要はなく、例えば、立体角でいえば 2π ないし π 程度の範囲に限定されていてもよい。

図4は、本発明の実施形態に係るオフセット値の方位角計測方法を示すフローチャートである。

図4において、オフセット情報算出部18は、x軸ホール素子 HE_x の出力増幅値 S_{rx} 、y軸ホール素子 HE_y の出力増幅値 S_{ry} およびz軸ホール素子 HE_z の出力増幅値 S_{rz} をそれぞれ10点分格納するためのデータバッファを用意する(ステップS11)。

そして、オフセット情報算出部18は、x軸ホール素子 HE_x 、y軸ホール素子 HE_y およびz軸ホール素子 HE_z の出力増幅値 S_{rx} 、 S_{ry} 、 S_{rz} をそれぞれ10点分取得し(ステップS12、S13)、感度補正情報記憶部19bに記憶されている感度補正情報に基づいて、x軸ホール素子 HE_x 、y軸ホール素子 HE_y およびz軸ホール素子 HE_z の出力増幅値 S_{rx} 、 S_{ry} 、 S_{rz} に感度補正係数をそれぞれ乗じ、x軸ホール素子 HE_x 、y軸ホール素子 HE_y およびz軸ホール素子 HE_z の感度補正後の出力増幅値 S_x 、 S_y 、 S_z を得る。

そして、オフセット情報算出部18は、x軸ホール素子 HE_x 、y軸ホール素子 HE_y およびz軸ホール素子 HE_z の感度補正後の出力増幅値 S_x 、 S_y 、 S_z をそれぞれ10点分得ると、データバッファから最も古いデータを削除し、残りのデータをシフトし、さらに今回取得した出力増幅値 S_x 、 S_y 、 S_z を加える(ステップS14)。

次に、オフセット情報算出部18は、x軸ホール素子HE_x、y軸ホール素子HE_yおよびz軸ホール素子HE_zの感度補正後の出力増幅値S_x、S_y、S_zの過去10点分を対象として、最大値と最小値との差分が所定値、例えば、a0Mの1/3程度より大きいかを判断する（ステップS15）。

- 5 そして、ステップS15で求めた最大値と最小値との差分が所定値以下の場合、今回取得した出力増幅値S_x、S_y、S_zを破棄し、ステップS12に戻って、x軸ホール素子HE_x、y軸ホール素子HE_yおよびz軸ホール素子HE_zの出力増幅値S_{rx}、S_{ry}、S_{rz}を新たに取得する。

- 10 一方、ステップS15で求めた最大値と最小値との差分が所定値より大きい場合、10点分の出力増幅値S_x、S_y、S_zをそれぞれxyz成分とする点P₁（S_{1x}、S_{1y}、S_{1z}）、P₂（S_{2x}、S_{2y}、S_{2z}）、P₃（S_{3x}、S_{3y}、S_{3z}）、…からの距離がなるべく等しくなるような基準点C1の座標（C_x、C_y、C_z）を推定する（ステップS16）。

- 15 そして、今回推定した基準点C1の座標（C_x、C_y、C_z）と、前回推定した基準点C1の座標（C_x、C_y、C_z）との差が所定値、例えば、a0M程度より小さいかどうかを判定し（ステップS17）、所定値以上の場合、今回推定した基準点C1の座標（C_x、C_y、C_z）を破棄し、ステップS12に戻って、x軸ホール素子HE_x、y軸ホール素子HE_yおよびz軸ホール素子HE_zの出力増幅値S_{rx}、S_{ry}、S_{rz}を新たに取得する。

- 20 一方、今回推定した基準点C1の座標（C_x、C_y、C_z）と、前回推定した基準点C1の座標（C_x、C_y、C_z）との差が所定値より小さい場合、今回推定した基準点C1の座標（C_x、C_y、C_z）のx、y、z成分をそれぞれx軸ホール素子HE_xのオフセットC_x、y軸ホール素子HE_yのオフセットC_y、z軸ホール素子HE_zのオフセットC_zとしてオフセット情報記憶部19aに記憶させる（ステップS18）。
- 25

なお、上記実施の形態においては、方位角計測装置が携帯機器に組み込まれていることを前提に説明したが、PDA（Personal Digital Assistant）やノートパソコンなどの携帯機器に対して抜き差し（脱着）可能な容器に方位角計測装置を収容し、この方位角計測装置を携帯機器に装着して使用するようにしてもよい。

例えば、ノートパソコンに標準装備されているPCカードスロットに挿入されるPCMCIAカードの中に、方位角計測装置とそのデータ処理IC、インターフェースICなどを設け、そのドライバとして、上述したキャリブレーション機能を組み込むようにしてもよい。

- 5 PCカードスロットは、機械的および電氣的な特性に対する規格はあるが、スロット内部の漏洩磁束密度等の磁氣的な特性に対する規格は無いため、汎用のPCMCIAカードの中に設けた方位角計測装置は、ノートパソコンから発生する漏洩磁束密度をあらかじめ予測することができない。

- 10 ここで、PCMCIAカードの中に方位角計測装置のキャリブレーション機能を組み込むことにより、PCカードスロットの漏洩磁場が携帯機器ごとにばらつく場合においても、方位角計測装置のオフセットを精度よく補正することができ、特定の携帯機器に限られることなく、方位角計測装置を自由に装着して使用することが可能となる。

- 15 なお、PCMCIAカードには、方位角計測装置以外にも、傾斜角センサや、GPS (Global Positioning System) の信号処理IC、アンテナなどを一緒に搭載するようにしてもよいし、カード形式も、PCMCIAカードに限られることなく、CFカードスロットに対応させるようにしてもよい。

- 20 また、上記実施の形態においては、磁気センサとしてホール素子を用いた場合を例にとって説明したが、磁気センサが必ずしもホール素子に限定されることなく、例えば、ブラックスゲートセンサなどを用いるようにしてもよい。

- 25 また、上記実施の形態においては、オフセット情報算出部18は、出力増幅値 S_x 、 S_y 、 S_z をそれぞれ x 、 y 、 z 成分とする点として xyz 座標上に配置した時に、各点からの距離がなるべく等しくなるような基準点の座標を推定するように構成したが、これに限らず、出力増幅値 S_x 、 S_y 、 S_z の変化の度合いがいずれも所定値、例えば、 0.1 の $1/3$ 程度以上であるときは、出力増幅値 S_x 、 S_y 、 S_z をそれぞれ x 、 y 、 z 成分とする点として xyz 座標上に配置した時に各点からの距離がなるべく等しくなるような基準点の座標を推定するように構成し、出力増幅値 S_x 、 S_y 、 S_z のうち変化の度合いが最小のものについてその変化の度合いが所定値以下であるときは、出力増幅値 S_x 、 S_y 、 S_z

のうち変化の度合いが最小のもの以外の出力増幅値をそれぞれ x 、 y 成分とする点として x y 座標上に配置した時に、各点からの距離がなるべく等しくなるような基準点の座標を推定するように構成することもできる。

- 5 なお、出力増幅値 S_x 、 S_y 、 S_z の変化の度合いの具体的計算方法としては、標準偏差の算出、最大値と最小値の差分の算出等が考えられる。

これにより、3軸磁気センサ11の3軸のうちいずれかの軸に垂直な面上でのみ方位角計測装置を移動・回転等させた場合であっても、基準点の座標を比較的正確に推定することができる。

- 10 また、上記実施の形態においては、ステップS7、S17で、今回推定した基準点C1の座標(C_x 、 C_y 、 C_z)と、前回推定した基準点C1の座標(C_x 、 C_y 、 C_z)との差が所定値より小さいかどうかを判定するように構成したが、これに限らず、今回推定した基準点C1の座標(C_x 、 C_y 、 C_z)と、前回および前回よりもさらに前に推定した複数の基準点C1の座標(C_x 、 C_y 、 C_z)とを比較するように構成することもできる。具体的には、例えば、直近に推定した所定数の基準点C1(今回推定した基準点C1を含む。)を対象としてそれら基準点C1のばらつきを算出し、算出したばらつきの度合いを判定する。ばらつきの算出としては、それら基準点C1の最大値と最小値との差分を算出すること、それら基準点C1の標準偏差を算出すること、直前までに推定した基準点C1の平均値を算出して今回推定した基準点C1と平均値との差分を算出するという工夫が考えられる。このように、基準点C1の座標について過去の複数の推定値を用いることにより精度を向上することができる。
- 15
- 20

- 25 また、上記実施の形態においては、オフセット情報の良好性を表示することについて特に説明しなかったが、これに限らず、オフセット情報の良好性を表示部202に表示するように構成することもできる。具体的には、オフセット情報の良好度を、優、良、可のような複数の区分しておく。そして、直近に推定した所定数の基準点C1(今回推定した基準点C1を含む。)を対象としてそれら基準点C1のばらつきを算出し、算出したばらつきの度合いに応じて、今回推定した基準点C1をいずれかの区分に分類し、その区分に対応した良好度を示す良好性情報を作成し、作成した良好性情報に基づいてオフセット情報の良好度を表示部

202に表示する。

ここで、基準点C1の座標について過去の複数の推定値を用いる点については、上記同様の工夫が考えられる。

これにより、ユーザは、表示された良好度を参照すれば、オフセット情報の良好性を把握することができる。

また、上記実施の形態においては、図3において繰り返し取得された S_x 、 S_y 、 S_z データ $P_1(S_{1x}, S_{1y}, S_{1z})$ 、 $P_2(S_{2x}, S_{2y}, S_{2z})$ 、 $P_3(S_{3x}, S_{3y}, S_{3z})$ 、…から推定された基準点C1までの距離を算出し、算出した距離が所定範囲外、例えば、 $a\text{ OM}$ の $1/2$ より小さいか、または $a\text{ OM}$ の 1.5 倍より大きいかどうかを判断し、所定範囲外の場合、その出力データを破棄するように構成することもできる。なお、前記の距離は上式(28)より次式を用いて計算することができる。

$$r = \sqrt{\frac{1}{N} \sum \{(S_{ix} - C_x)^2 + (S_{iy} - C_y)^2 + (S_{iz} - C_z)^2\}} \quad (38)$$

これにより、静的な外部環境磁場が存在している場合や、地磁気がシールドされているような場合に、地磁気が正しく検出されていないにもかかわらず方位角計測が行われてしまうことを防止することができる。

また、上記実施の形態においては、方位角計測結果の信頼性を表示部202に表示するように構成することもできる。具体的には、方位角計測結果の信頼性を、優、良、可のような複数の区分しておく。そして、点 $P_1(S_{1x}, S_{1y}, S_{1z})$ 、 $P_2(S_{2x}, S_{2y}, S_{2z})$ 、 $P_3(S_{3x}, S_{3y}, S_{3z})$ 、…から、基準点C1の座標(C_x, C_y, C_z)までの距離を算出し、算出した距離を複数の閾値と比較していずれかの区分に分類し、その区分に対応した信頼度を示す信頼性情報を作成し、作成した信頼性情報に基づいて方位角計測結果の信頼度を表示部202に表示する。

これにより、ユーザは、表示された信頼度を参照すれば、方位角計測結果の信頼性を把握することができる。

また、上記実施の形態においては、3軸の地磁気検出手段を持つ方位角計測装置の場合について説明したが、これに限らず、図5に示すような2軸の地磁気検

出手段を持つ方位角計測装置についても本発明を適用することができる。

この場合、方位角計測装置の概略構成を示すブロック図、オフセット値の方位角計測方法の概念を示す図、オフセットキャリブレーションのフローチャートはそれぞれ図6ないし図8に示す通りとなる。

- 5 また、3軸の地磁気検出手段を持つ方位角計測装置の場合、携帯機器201の向きを3次元空間において任意に変化させ、その間にx軸ホール素子HE_xの出力増幅値S_x、y軸ホール素子HE_yの出力増幅値S_yおよびz軸ホール素子HE_zの出力増幅値S_zを繰り返し取得したが、2軸の地磁気検出手段を持つ方位角計測装置の場合、2軸の地磁気検出方向がいずれも所定の平面上にあるよう保ちながら携帯機器101の向きを変化させ、その間にx軸ホール素子HE_xの出力増幅値S_xおよびy軸ホール素子HE_yの出力増幅値S_yを繰り返し取得する。
- 10 上式(14)～(37)を下式(39)～(58)に置き換えることにより同様に適用することができる。

$$\sqrt{M_x^2 + M_y^2} = \text{const} \quad (39)$$

$$r = a_0 \sqrt{M_x^2 + M_y^2} \quad (40)$$

$$(S_x - C_x)^2 + (S_y - C_y)^2 = r^2 \quad (41)$$

$$d_i = \sqrt{(S_{ix} - C_x)^2 + (S_{iy} - C_y)^2} \quad (42)$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_i &= d_i^2 - r^2 \\ &= (S_{ix} - C_x)^2 + (S_{iy} - C_y)^2 - r^2 \end{aligned} \quad (43)$$

$$\begin{aligned} S &= \sum \varepsilon_i^2 \\ &= \sum \{(S_{ix} - C_x)^2 + (S_{iy} - C_y)^2 - r^2\}^2 \end{aligned} \quad (44)$$

$$\frac{\partial S}{\partial C_x} = -4 \sum \{(S_{ix} - C_x)^2 + (S_{iy} - C_y)^2 - r^2\} (S_{ix} - C_x) \quad (45)$$

$$\frac{\partial S}{\partial C_y} = -4 \sum \{ (S_{ix} - C_x)^2 + (S_{iy} - C_y)^2 - r^2 \} (S_{iy} - C_y) \quad (46)$$

$$\frac{\partial S}{\partial r} = -4 \sum \{ (S_{ix} - C_x)^2 + (S_{iy} - C_y)^2 - r^2 \} \quad (47)$$

$$\sum \{ (S_{ix} - C_x)^2 + (S_{iy} - C_y)^2 - r^2 \} (S_{ix} - C_x) = 0 \quad (48)$$

$$\sum \{ (S_{ix} - C_x)^2 + (S_{iy} - C_y)^2 - r^2 \} (S_{iy} - C_y) = 0 \quad (49)$$

$$\sum \{ (S_{ix} - C_x)^2 + (S_{iy} - C_y)^2 \} - Nr^2 = 0 \quad (50)$$

$$r^2 = \frac{1}{N} \sum \{ (S_{ix} - C_x)^2 + (S_{iy} - C_y)^2 \} \quad (51)$$

$$C_x \sum S_{ix} (S_{ix} - \overline{S_x}) + C_y \sum S_{iy} (S_{ix} - \overline{S_x}) = \frac{1}{2} \sum (S_{ix}^2 + S_{iy}^2) (S_{ix} - \overline{S_x}) \quad (52)$$

$$C_x \sum S_{ix} (S_{iy} - \overline{S_y}) + C_y \sum S_{iy} (S_{iy} - \overline{S_y}) = \frac{1}{2} \sum (S_{ix}^2 + S_{iy}^2) (S_{iy} - \overline{S_y}) \quad (53)$$

$$\overline{S_x} = \frac{1}{N} \sum S_{ix} \quad (54)$$

$$\overline{S_y} = \frac{1}{N} \sum S_{iy} \quad (55)$$

$$\left[\begin{array}{cc} \sum S_{ix} (S_{ix} - \overline{S_x}) & \sum S_{iy} (S_{ix} - \overline{S_x}) \\ \sum S_{ix} (S_{iy} - \overline{S_y}) & \sum S_{iy} (S_{iy} - \overline{S_y}) \end{array} \right] \begin{bmatrix} C_x \\ C_y \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \left[\begin{array}{c} \sum (S_{ix}^2 + S_{iy}^2) (S_{ix} - \overline{S_x}) \\ \sum (S_{ix}^2 + S_{iy}^2) (S_{iy} - \overline{S_y}) \end{array} \right] \quad (56)$$

$$\left[\begin{array}{cc} \sum S_{ix} (S_{ix} - \overline{S_x}) & \sum S_{iy} (S_{ix} - \overline{S_x}) \\ \sum S_{iy} (S_{ix} - \overline{S_x}) & \sum S_{iy} (S_{iy} - \overline{S_y}) \end{array} \right] \begin{bmatrix} C_x \\ C_y \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \left[\begin{array}{c} \sum (S_{ix}^2 + S_{iy}^2) (S_{ix} - \overline{S_x}) \\ \sum (S_{ix}^2 + S_{iy}^2) (S_{iy} - \overline{S_y}) \end{array} \right] \quad (57)$$

$$\left[\begin{array}{cc} \sum S_{ix}^2 - N\overline{S_x}^2 & \sum S_{ix} S_{iy} - N\overline{S_x} \overline{S_y} \\ \sum S_{ix} S_{iy} - N\overline{S_x} \overline{S_y} & \sum S_{iy}^2 - N\overline{S_y}^2 \end{array} \right] \begin{bmatrix} C_x \\ C_y \end{bmatrix} = \frac{1}{2} \left[\begin{array}{c} \sum (S_{ix}^2 + S_{iy}^2) (S_{ix} - \overline{S_x}) \\ \sum (S_{ix}^2 + S_{iy}^2) (S_{iy} - \overline{S_y}) \end{array} \right] \quad (58)$$

また、上式 (56)、(57) または (58) に示す連立一次方程式を解いて基準点 C2 の推定を行う場合、データ取得数を多くすれば、オフセット値のキャリブレーションを行う際に携帯機器 101 の向きをあらゆる方向に満遍なく向ける必要

はなく、例えば、 180° ないし 90° 程度の範囲に限定されていてもよい。上式 (38) を下式 (59) に置き換えることにより同様に適用することができる。

$$r = \sqrt{\frac{1}{N} \sum \{(S_{ix} - C_x)^2 + (S_{iy} - C_y)^2\}} \quad (59)$$

また、上記実施の形態においては、 S_x 、 S_y 、 S_z データの取得において、データ取得数が所定値に達するまで無条件でデータ取得を繰返していた。しかし、
5 S_x 、 S_y 、 S_z データ取得毎に直前に取得した S_x 、 S_y 、 S_z データとの差分を計算し、差分が所定値より小さい場合は取得した S_x 、 S_y 、 S_z データを破棄するようにしてもよい。

これにより、キャリブレーションを行っている間に携帯機器の向きがほとんど変化しない状態が継続しても、誤ったオフセット値を算出して不適切なオフセット補正が行われてしまうことを防止することができる。
10

図 9 は、携帯機器の向きが適切に変化している間に取得された S_x 、 S_y 、 S_z データの例であり、いずれのデータも時刻とともに変化している。これに対し、図 10 は、携帯機器の向きがほとんど変化しない場合に取得された S_x 、 S_y 、 S_z データの例であり、いずれのデータもほぼ一定である。

15 図 10 に示すような S_x 、 S_y 、 S_z データの場合、図 4 に示すオフセットキャリブレーションのフローチャート中のステップ S15 において S_x 、 S_y 、 S_z データの最大値と最小値の差分が所定値以下と判断されるので、基準点推定に進むことはない。

しかし、 S_x 、 S_y 、 S_z データ取得中に携帯機器の向きが短い時間の間だけ
20 変化したような場合、 S_x 、 S_y 、 S_z データは、例えば、図 11 に示すようになり、値が変化する部分が現れる。この場合、ステップ S15 において S_x 、 S_y 、 S_z データの最大値と最小値の差分が所定値より大きいと判断され、基準点推定に進んでしまうことがある。すると基準点推定における誤差は非常に大きくなるので、誤ったオフセット値が算出されることになる。

25 そこで、 S_x 、 S_y 、 S_z データ取得毎に、直前に取得した S_x 、 S_y 、 S_z データとの差分を計算し、差分が所定値より小さい場合は取得した S_x 、 S_y 、 S_z データを破棄するようにすれば、携帯機器の向きがほとんど変化しない間は

取得した S_x , S_y , S_z データの破棄が行われるので、不適切な S_x , S_y , S_z データによって基準点推定が行われるのを防止することができる。

- なお、 S_x , S_y , S_z データの差分の算出および破棄判断の方法については、具体的には、例えば、 S_x , S_y , S_z データのそれぞれについて差分を算出し、
- 5 すべての差分が所定値以上にならなければ S_x , S_y , S_z データを破棄する、 S_x , S_y , S_z データのそれぞれの差分の二乗和を算出し、所定値以下の場合には S_x , S_y , S_z データを破棄するといった工夫が考えられる。

産業上の利用可能性

- 10 以上説明したように、本発明に係る請求の範囲第1乃至第12項記載の方位角計測装置、又は請求の範囲第13乃至第20項記載の方位角計測方法によれば、携帯機器の向きを任意に変化させるだけで、磁気検出手段の各軸出力に対するオフセット情報を算出することができ、オフセットのキャリブレーション作業を容易化して、オフセットのキャリブレーションを行う際の利用者の負担を軽減する
- 15 ことができる。

請求の範囲

1. 地磁気を検出する2軸または3軸の地磁気検出手段と、

前記2軸の検出方向が所定の平面上にあるよう保ちながら前記地磁気検出手段の向きが変化した時の2軸の出力データ、または前記地磁気検出手段の向きが3次元空間において変化した時の3軸の出力データを所定回数以上繰り返して取得する出力データ取得手段と、

前記2軸の出力データを成分とする2次元座標上、または前記3軸の出力データを成分とする3次元座標上に基準点を定め、前記出力データ取得手段によって得られた2軸または3軸の出力データ群から基準点までの距離のばらつきが最小になるように、基準点の座標を統計的手法によって推定する基準点推定手段と、

前記基準点の座標に基づいて、前記地磁気検出手段の出力データに対するオフセット情報を算出するオフセット情報算出手段とを備えることを特徴とする方位角計測装置。

2. 請求の範囲第1項において、

前記基準点推定手段は、

前記基準点の座標を未知数とする連立1次方程式の係数および定数項を前記2軸または3軸の出力データ群から計算する係数および定数項計算手段と、

前記係数および定数項を含む前記連立1次方程式の解を計算することによって前記基準点の座標を推定する連立一次方程式解析手段とを備えることを特徴とする方位角計測装置。

3. 請求の範囲第1項において、

前記地磁気検出手段は3軸の地磁気検出手段であり、

前記基準点推定手段は、前記3軸の出力データ群のうち出力データの変化の度合いが最小の軸の出力データ群について前記変化の度合いが所定値以下であるときは、前記3軸の出力データ群から前記変化の度合いが最小の軸の出力データ群を除いた2軸の出力データ群について、当該2軸の出力データを成分とする2次元座標上に基準点を定め、当該2軸の出力データ群から前記基準点の座標を推定することを特徴とする方位角計測装置。

4. 請求の範囲第1項において、
前記基準点推定手段は、
前記2軸または3軸の出力データ群から各軸の出力データ群における出力データの最大値と最小値との差分を算出する第1の差分算出手段と、
- 5 前記第1の差分算出手段により算出された差分が所定値以上かどうかを判断する第1の差分判断手段とを備え、
前記第1の差分算出手段により算出された差分が所定値以上の場合、前記2軸または3軸の出力データ群を前記基準点推定の対象とすることを特徴とする方位角計測装置。
- 10 5. 請求の範囲第1項において、
前記オフセット情報算出手段は、
前記基準点推定手段により算出された直近の所定数の基準点におけるばらつきを算出するばらつき算出手段を備え、
前記ばらつき算出手段の算出結果に基づいて前記基準点推定手段により算出された基準点を破棄することを特徴とする方位角計測装置。
- 15 6. 請求の範囲第5項において、
前記ばらつき算出手段は、
前記基準点推定手段により算出された直近の2個の基準点の差分を算出することを特徴とする方位角計測装置。
- 20 7. 請求の範囲第1項において、
前記基準点推定手段により算出された直近の所定数の基準点におけるばらつきを算出する第2のばらつき算出手段と、
前記第2のばらつき算出手段での算出結果に基づいて前記オフセット情報の良好性に関する良好性情報を作成する良好性情報作成手段とをさらに備えることを
25 特徴とする方位角計測装置。
8. 請求の範囲第7項において、
前記良好性情報作成手段は、前記オフセット情報の良好度を複数に区分しておき、前記第2のばらつき算出手段で算出したばらつきの度合いに応じて前記区分のいずれかに分類し、その区分に対応した良好度を表示することを特徴とする方

位角計測装置。

9. 請求の範囲第1項において、

前記オフセット情報算出手段は、

前記出力データ群から前記基準点までの距離を算出する距離算出手段と、

- 5 前記距離算出手段により算出された距離が所定範囲外かどうかを判断する距離判断手段とを備え、

前記距離算出手段により算出された距離が所定範囲外の場合、その出力データ群を破棄することを特徴とする方位角計測装置。

10. 請求の範囲第1項において、

- 10 前記出力データ群から前記基準点までの距離を算出する第2の距離算出手段と、

前記第2の距離算出手段により算出された距離に基づいて方位角計測結果の信頼性に関する信頼性情報を作成する信頼性情報作成手段とをさらに備えることを特徴とする方位角計測装置。

11. 請求の範囲第10項において、

- 15 前記信頼性情報作成手段は、前記方位角計測結果の信頼度を複数に区分しておき、前記第2の距離算出手段により算出された距離を複数の閾値と比較して前記区分のいずれかに分類し、その区分に対応した信頼度を表示することを特徴とする方位角計測装置。

12. 請求の範囲第1項において、

- 20 前記データ出力取得手段は、

前記地磁気検出手段から出力された出力データと、前記出力データ取得手段によって直近に取得された所定数の出力データまたは前記地磁気検出手段から直前に出力された出力データとの差分を算出する第3の差分算出手段と、

- 25 前記第3の差分算出手段により算出された差分が所定値より小さいかどうかを判断する第3の差分判断手段とを備え、

前記第3の差分算出手段によって算出された差分が所定値より小さい場合、前記出力データ取得手段は前記地磁気検出手段から出力された出力データを取得せず破棄することを特徴とする方位角計測装置。

13. 地磁気計測における2軸の検出方向を所定の平面上にあるよう保ちなが

ら変化させるか、または3軸の検出方向を3次元空間において変化させるステップと、

前記検出方向が変化した時の地磁気計測の2軸または3軸の出力データを取得するステップと、

5 前記出力データの取得が所定回数以上か判定するステップと、

前記2軸の出力データを成分とする2次元座標上、または前記3軸の出力データを成分とする3次元座標上に基準点を定め、前記所定回数以上取得された2軸または3軸の出力データから成る出力データ群から基準点までの距離のばらつきが最小になるように、統計的手法によって基準点の座標を推定するステップと、

10 前記推定された基準点の座標に基づいて、前記2軸または3軸の出力データに対するオフセット値を算出するステップとを含むことを特徴とする方位角計測方法。

14. 請求の範囲第13項において、

前記基準点の座標を推定するステップは、

15 前記基準点の座標を未知数とする連立1次方程式の係数および定数項を、前記2軸または3軸の出力データ群から計算するステップと、

前記係数および定数項を含む前記連立1次方程式の解を計算して前記基準点の座標を推定するステップとを含むことを特徴とする方位角計測方法。

15. 請求の範囲第13項において、

20 前記検出方向を変化させるステップは、3軸の検出方向を3次元空間において変化させるものであり、

前記基準点の座標を推定するステップは、

前記3軸の出力データ群の各軸の出力データ群について出力データの変化の度合いを計算して前記変化の度合いが最小となる軸と前記変化の度合いの最小値を

25 得るステップと、

前記変化の度合いの最小値が所定値以下かどうかを判定するステップと、

前記変化の度合いの最小値が所定値以下である場合、前記3軸の出力データ群から前記変化の度合いが最小となる軸の出力データ群を除いた2軸の出力データ群について、当該2軸の出力データを成分とする2次元座標上に基準点を定め、

当該 2 軸の出力データ群から前記基準点の座標を推定するステップとを含むことを特徴とする方位角計測方法。

16. 請求の範囲第 13 項において、

前記基準点の座標を推定するステップは、

5 前記出力データ群の各軸の出力データ群について出力データの最大値と最小値との差分を算出するステップと、

前記最大値と最小値との差分が所定値以上かどうかを判断するステップと、

前記最大値と最小値との差分が所定値以上の場合、前記基準点の座標を推定するステップとを含むことを特徴とする方位角計測方法。

10 17. 請求の範囲第 13 項において、

前記 2 軸または 3 軸の出力データに対するオフセット値を算出するステップは、

前記基準点の座標を推定するステップにより算出された直近の所定数の基準点におけるばらつきを算出するステップと、

15 前記ばらつきの算出結果に基づいて、前記基準点の座標を推定するステップにより算出された基準点を破棄するステップとを含むことを特徴とする方位角計測方法。

18. 請求の範囲第 13 項において、

前記推定された直近の所定数の基準点の座標におけるばらつきを算出するステップと、

20 前記ばらつきの算出結果に基づいて、前記オフセット値を算出するステップにおいて算出されたオフセット値の良好性に関する良好性情報を作成するステップとをさらに含むことを特徴とする方位角計測方法。

19. 請求の範囲第 13 項において、

前記 2 軸または 3 軸の出力データに対するオフセット値を算出するステップは、

25 前記出力データ群から前記基準点までの距離を算出するステップと、

前記出力データ群から前記基準点までの距離が所定範囲外かどうかを判断するステップと、

前記出力データ群から前記基準点までの距離が所定範囲外の場合、その出力データ群を破棄するステップとを含むことを特徴とする方位角計測方法。

20. 請求の範囲第13項において、

前記出力データ群から前記基準点までの距離を算出するステップと、
前記距離の算出結果に基づいて、方位角計測結果の信頼性に関する信頼性情報
を作成するステップとをさらに含むことを特徴とする方位角計測方法。

図 1

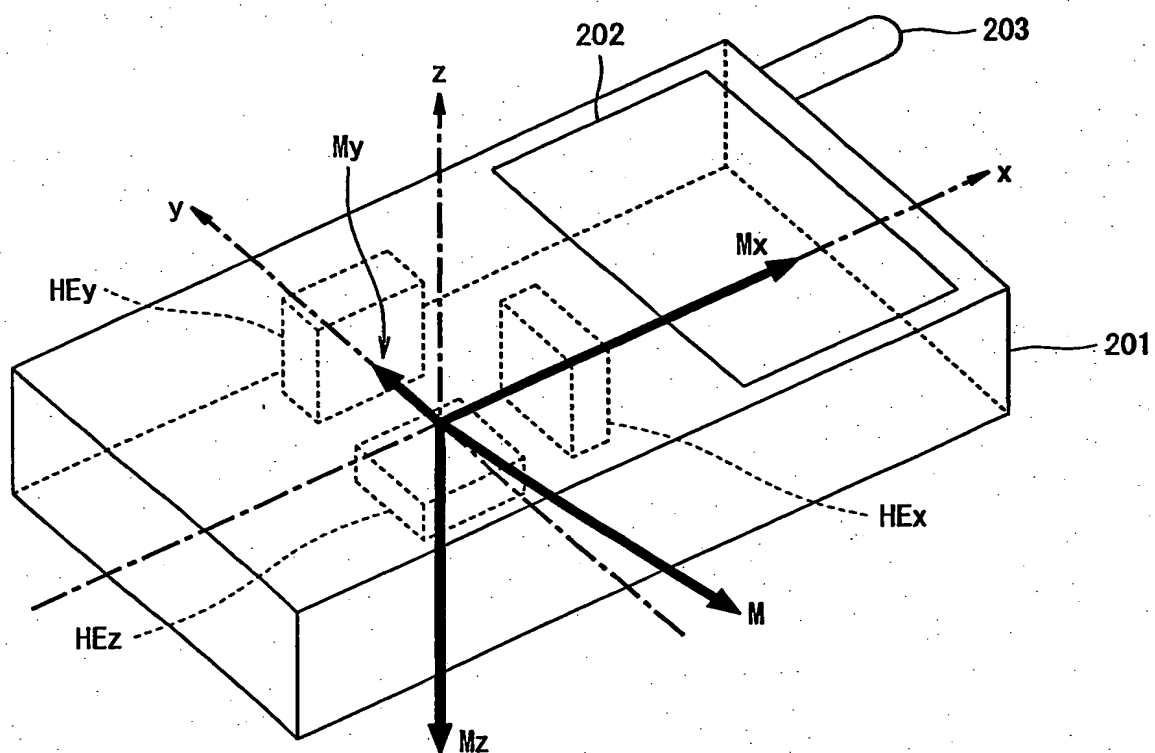


図2

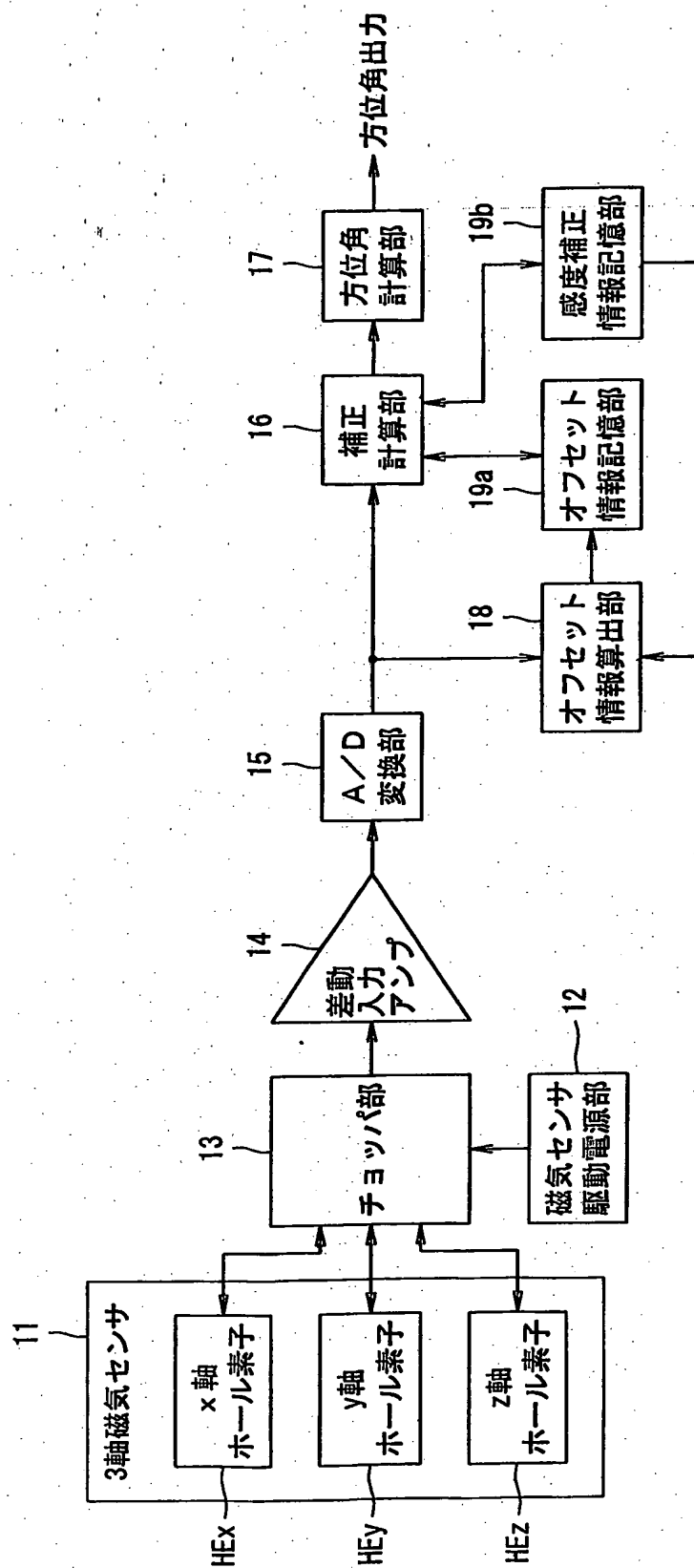


図 4

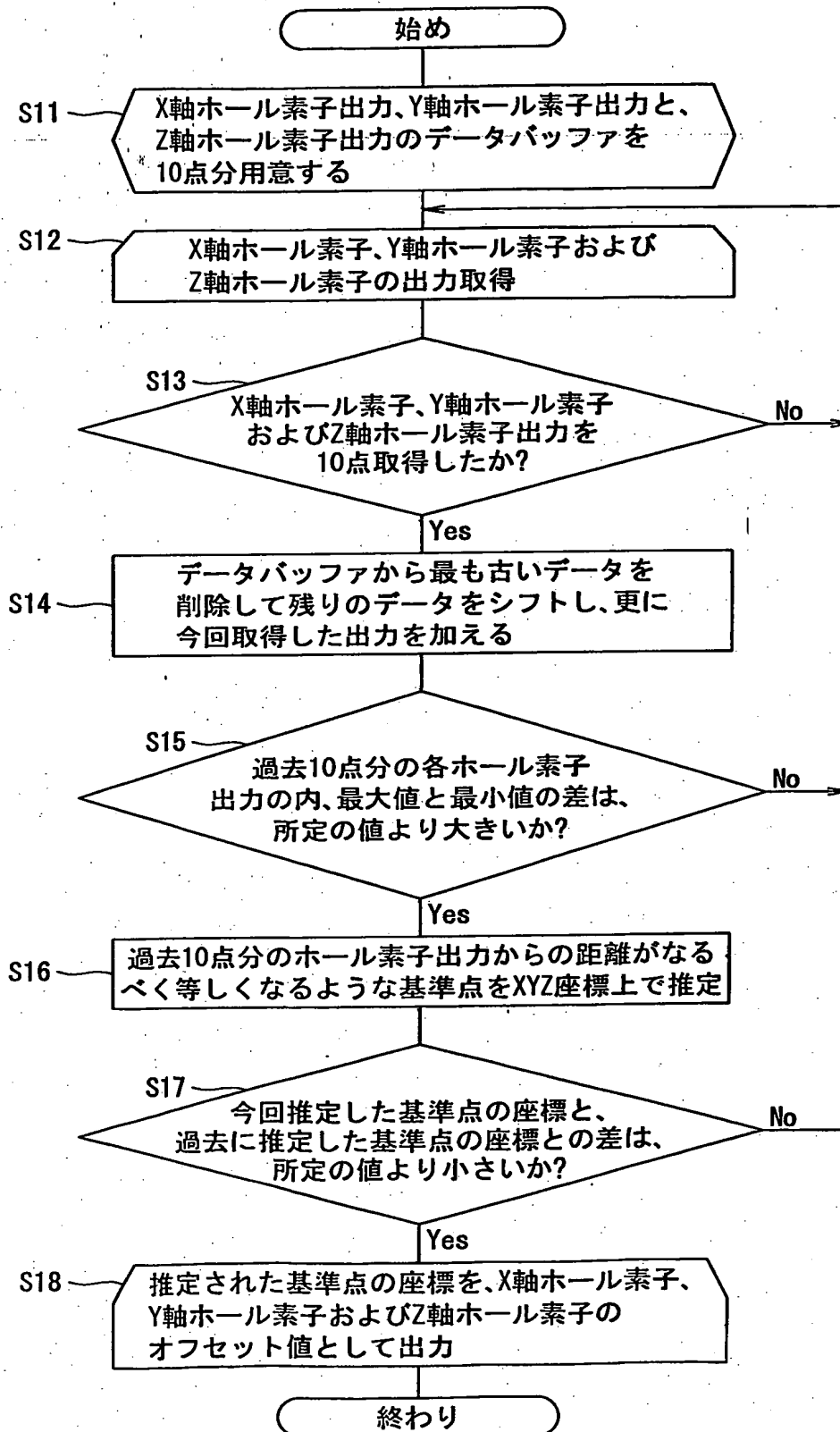
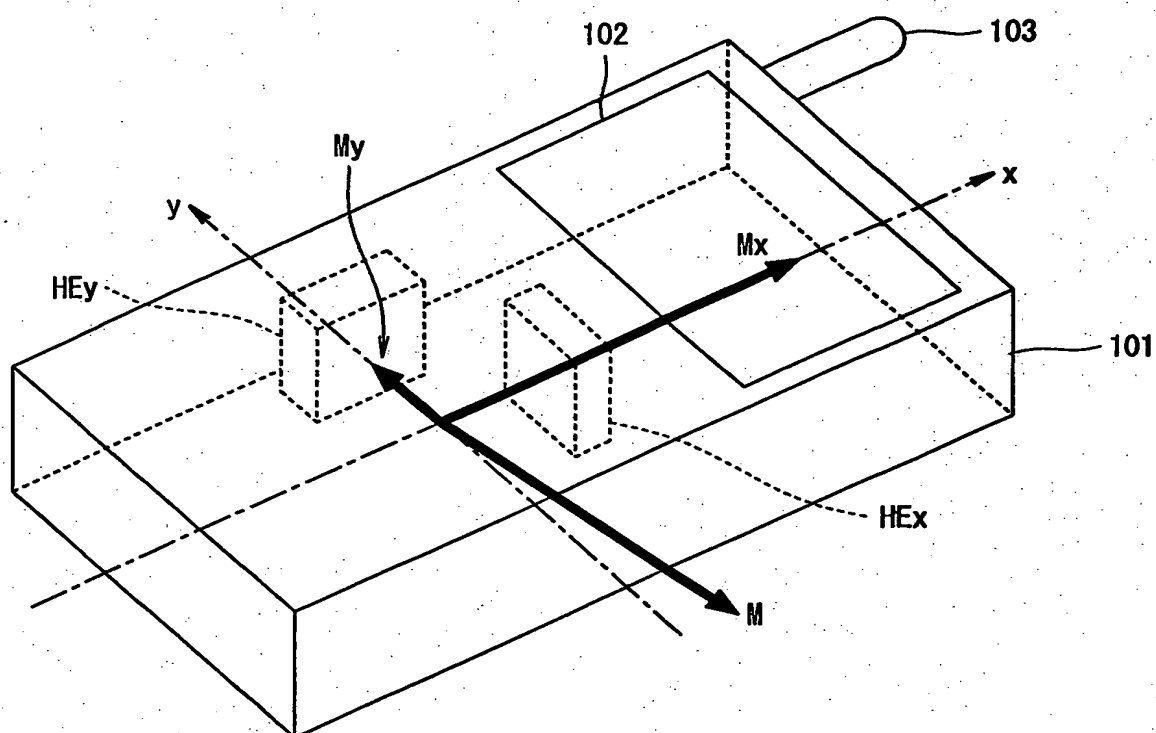


図 5



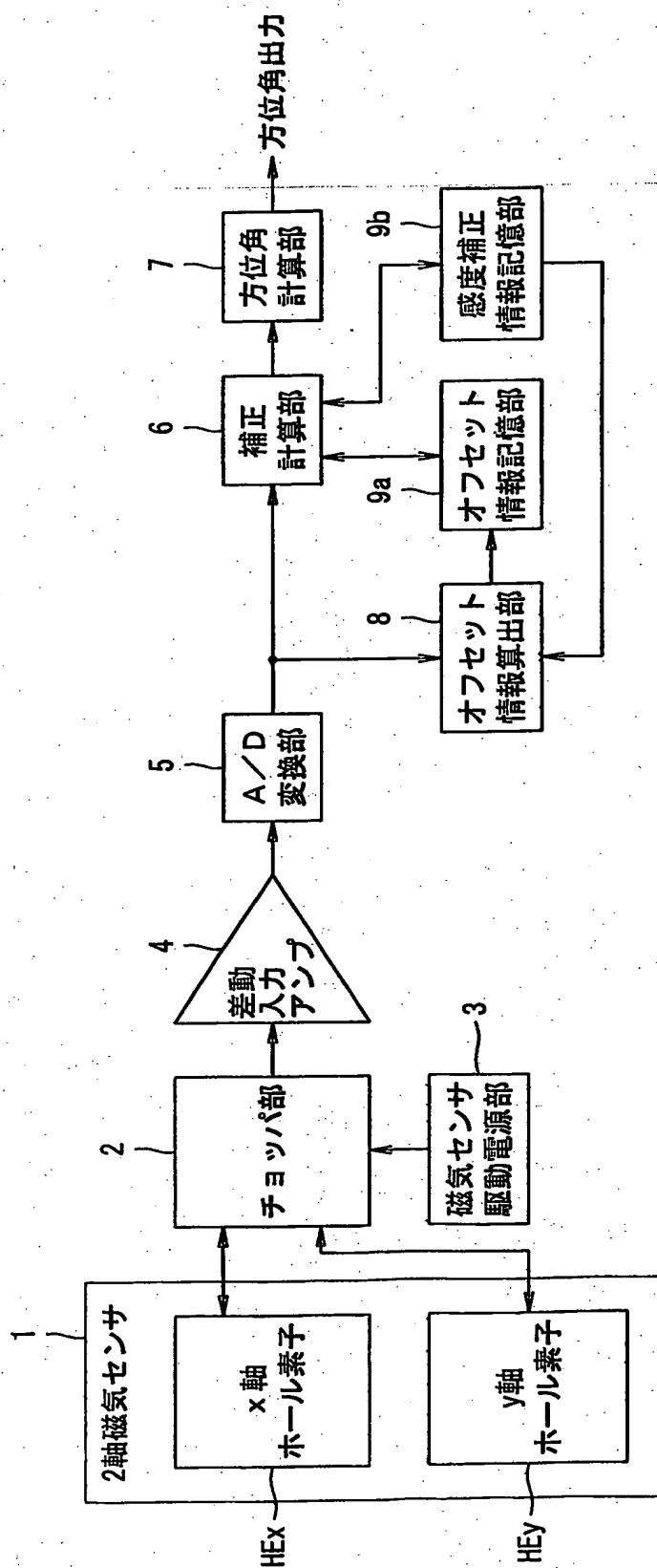


図6

図 7

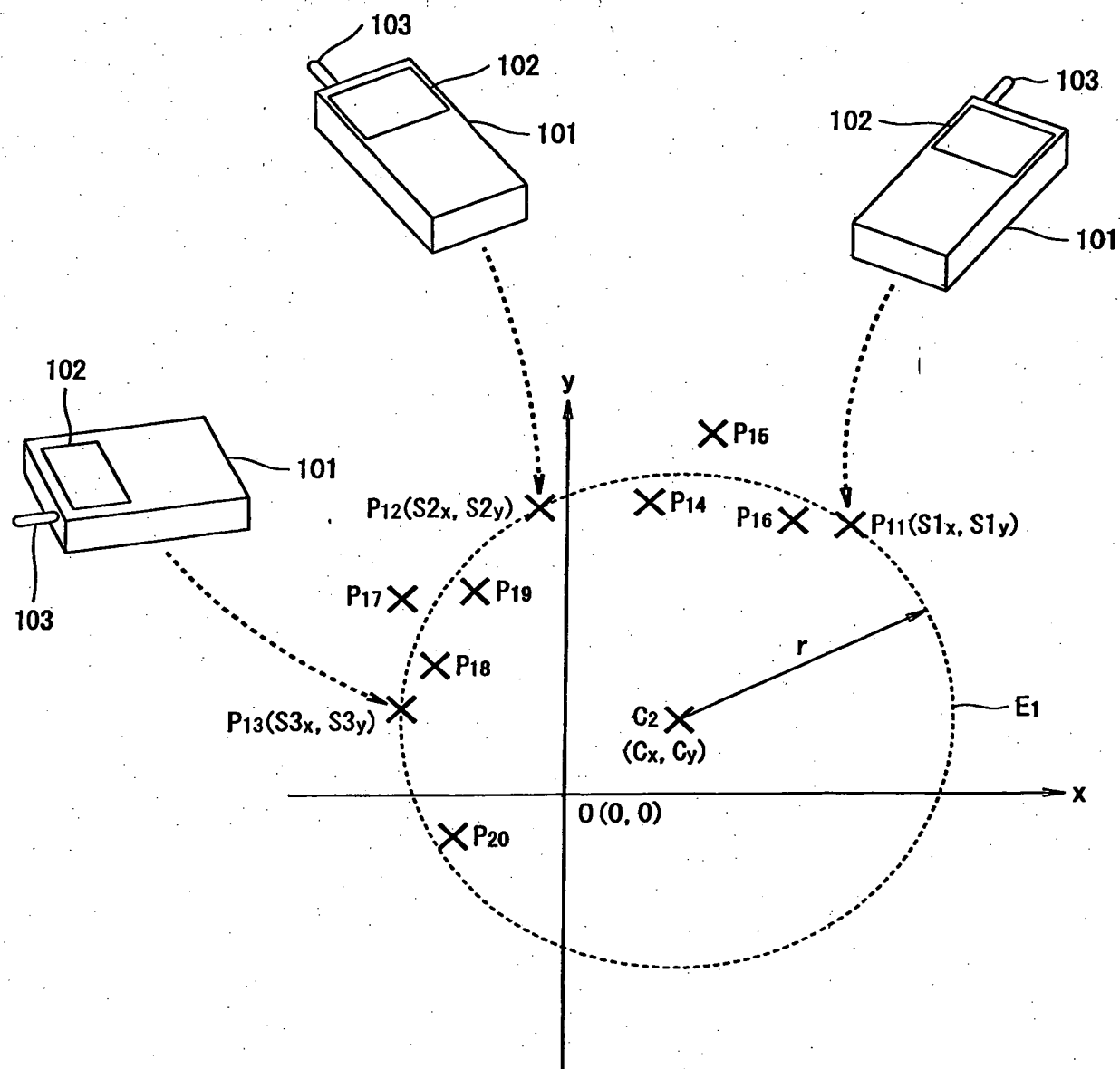


図 8

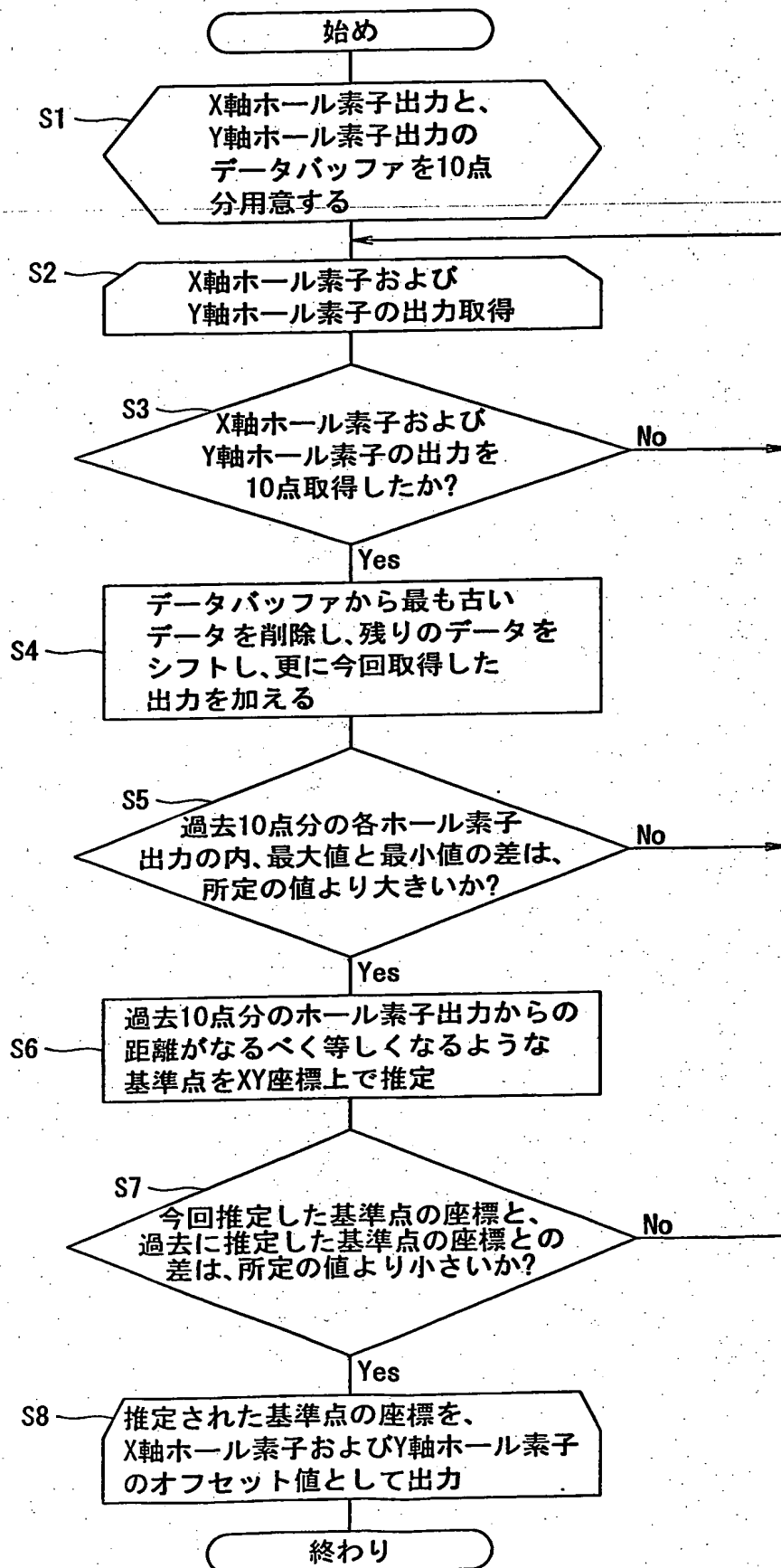


図 9

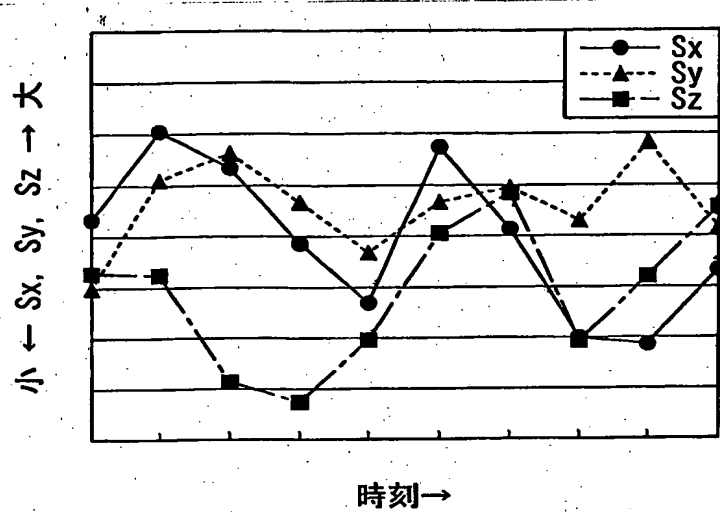


図10

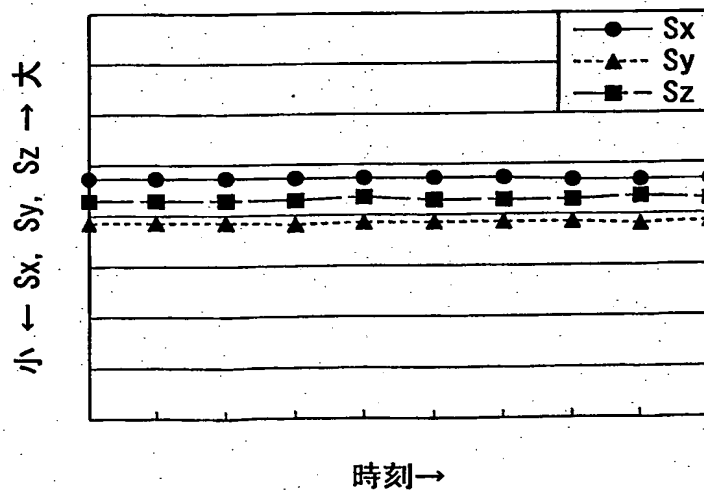


図11

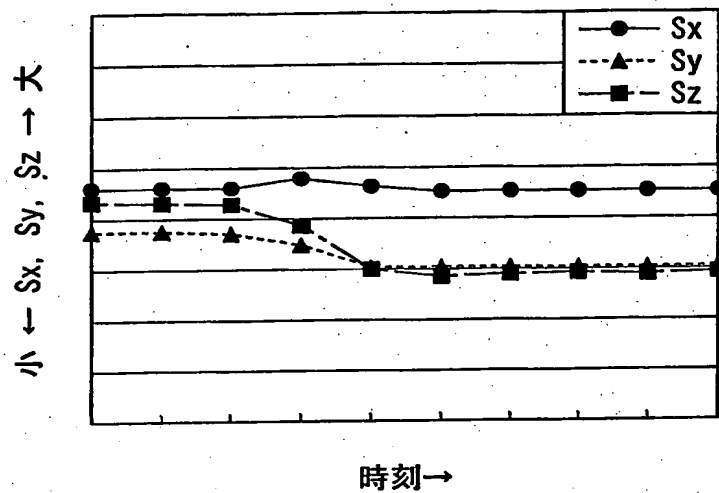


図12

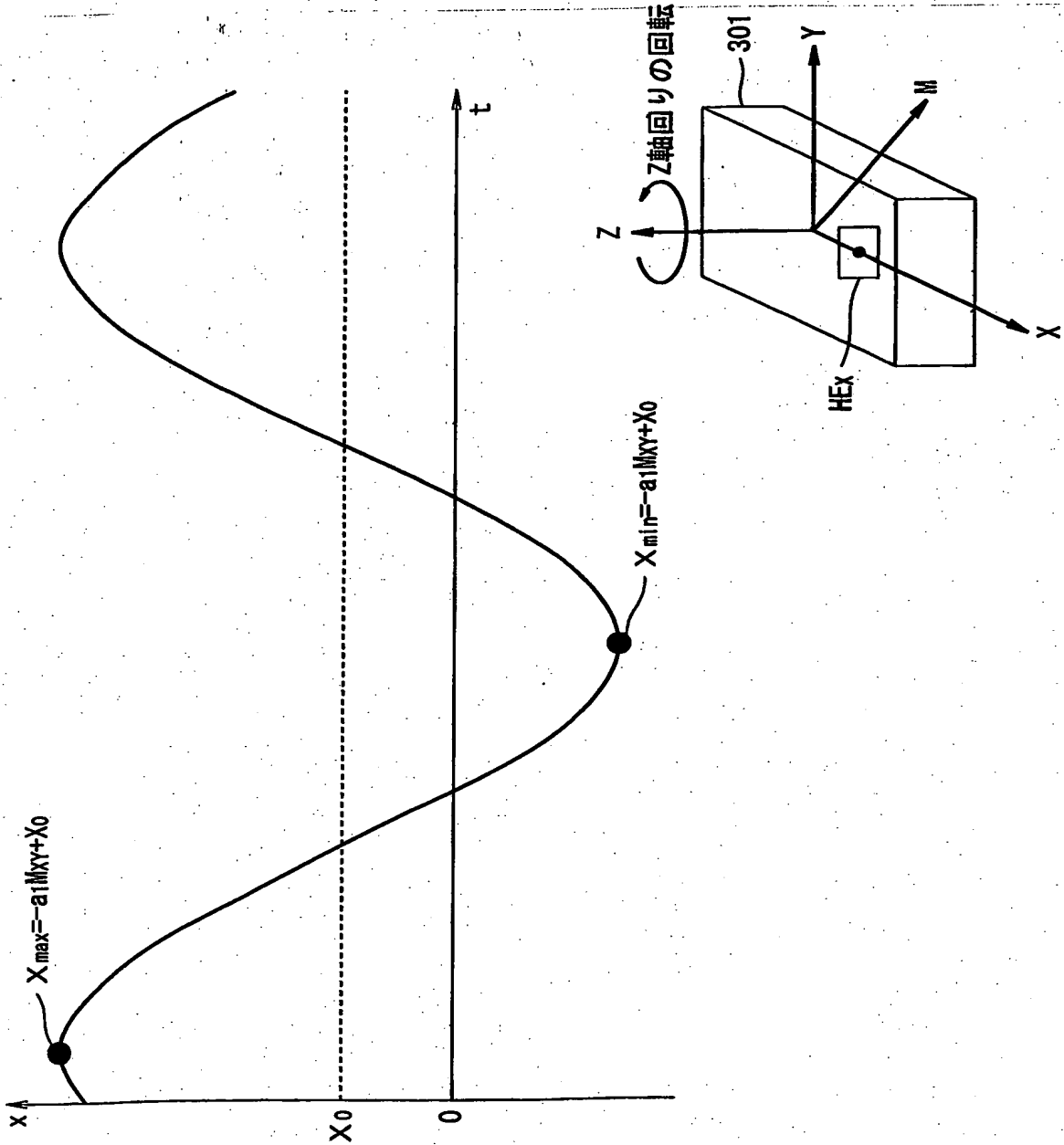
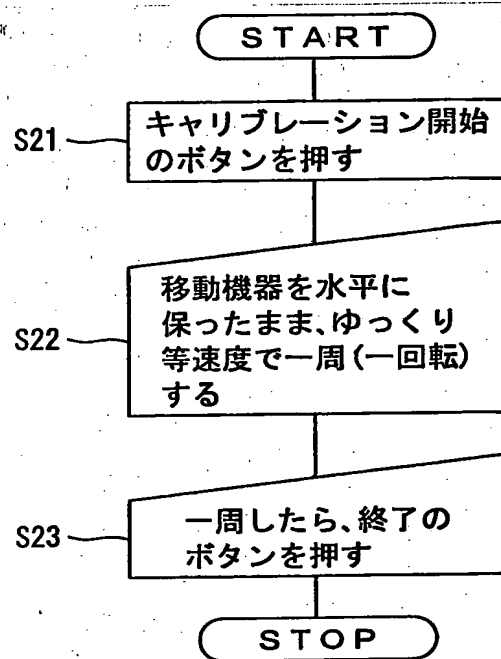


図13



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP03/08293

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G01C17/38

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ G01C17/38

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	US 4497034 A (Nippon Soken, Inc.), 29 January, 1985 (29.01.85), & DE 3208483 A1 & JP 58-34314 A	1, 13 2, 4, 9, 12, 14, 16, 19 3, 5-8, 10-11, 15-18, 20
Y	JP 2000-180170 A (Tokin Corp.), 30 June, 2000 (30.06.00), (Family: none)	2, 14
Y	JP 62-255815 A (NEC Home Electronics Ltd.), 07 November, 1987 (07.11.87), (Family: none)	4, 12, 16

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
29 September, 2003 (29.09.03)

Date of mailing of the international search report
14 October, 2003 (14.10.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/08293

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 8-201059 A (Mitsubishi Electric Corp.), 09 August, 1996 (09.08.96), Page 10, right column, lines 25 to 27 (Family: none)	9, 19

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl. : G01C17/38

B. 調査を行った分野
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl. : G01C17/38

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの
 日本国実用新案公報 1926-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X Y A	US 4497034 A (Nippon Soken, Inc.) 1985. 01. 29 & DE 3208483 A1 & JP 5 8-34314 A	1, 13 2, 4, 9, 12, 14, 16, 19 3, 5-8, 10-11, 15-18, 20
Y	JP 2000-180170 A (株式会社トーキン) 2000. 06. 30 (ファミリーなし)	2, 14

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 29. 09. 03

国際調査報告の発送日 14.10.03

国際調査機関の名称及びあて先
 日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号 100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
 長馬 望



3H 3121

電話番号 03-3581-1101 内線 3314

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 62-255815 A (日本電気ホームエレクトロニクス株式会社) 1987. 11. 07 (ファミリーなし)	4, 12, 16
Y	J P 8-201059 A (三菱電機株式会社) 1996. 08. 09, 第10頁右欄第25-27行 (ファミリーなし)	9, 19

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☒ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.